

《一招鲜·就业技术速成丛书》

编写委员会

主 编 石伟平

副主编 张能武 徐 森

委 员 (按姓氏笔画为序)

王新华	艾春平	卢小虎	刘春玲	汪立亮
张志刚	张 军	张能武	李春亮	苏本杰
季明善	杨昌明	杨奉涛	罗中华	夏红民
徐 森	黄 芸	程美玲	程国元	满维龙
戴胡斌				

内容提要

电机是一种进行机电能量转换的电磁机械装置,应用广泛。本书是电机维修的入门书籍,根据近年来电机发展,介绍了电机维修的基础知识、直流电机维修、单相异步电动机、三相异步电动机、同步电机和特殊电动机等。本书可供从事电机维修的一线工人阅读,也可供相关专业的人员参考。

目 录

第一章 电机维修基础知识	1
第一节 电机实用技术基础	1
一、电机的分类及型号	1
二、电机的结构型式	6
三、系列电机.....	12
四、电动机的选择.....	15
第二节 电机维修常用工具及设备	22
一、电机维修常用量具和工具.....	22
二、电机维修常用仪表及器具.....	37
三、电机维修常用设备及自制工具.....	43
第三节 电机维修常用电工材料	50
一、导电材料.....	50
二、绝缘材料.....	56
三、导磁材料.....	68
第二章 直流电机的维修	70
第一节 直流电机的结构	70
一、直流电机的工作原理.....	70
二、直流电机的结构.....	73
三、直流电机的用途及类型.....	77
四、直流电机的铭牌数据.....	81
五、直流无刷电动机.....	84
第二节 直流电动机的维修	85
一、直流电动机的运行与维护.....	85

二、直流电动机的常见故障及原因.....	86
三、直流电枢绕组故障的检修.....	89
四、定子励磁绕组的检修	104
五、换向器的修理	108
第三节 直流电机的试验	115
一、直流电机的拆卸	115
二、直流电机修复后试验	116
第三章 单相异步电动机	119
第一节 单相异步电动机的工作原理	119
一、单相异步电动机的分类	119
二、单相异步电动机的主要系列	120
三、单相异步电动机的基本结构	122
四、单相异步电动机的工作原理	128
第二节 单相异步电动机的维修.....	134
一、单相异步电动机的常见故障与排除	134
二、启动装置的检修	138
三、电容的检修	139
四、罩极绕组的修理	141
第三节 单相电动机绕组重绕	141
一、重绕前的准备工作	141
二、绕线工艺	167
三、嵌线和接线工艺	169
四、绕组的绝缘处理	179
第四章 三相异步电动机	184
第一节 三相异步电动机的结构及原理	184
一、三相异步电动机的工作原理	184
二、三相异步电动机的结构	191
三、三相异步电动机的类型和用途	196

四、三相异步电动机的铭牌数据	198
第二节 三相异步电动机的维修	201
一、三相异步电动机的日常维护	201
二、三相异步电动机运行中常见故障及处理	204
三、定子绕组故障的处理	211
四、转子故障的处理	220
五、定子、转子铁芯故障的处理	224
六、轴承和转轴故障的处理	225
七、电动机轴承的选择	229
八、微型电动机轴承的清洗	231
九、绕线型电动机滑环内套与电动机轴配合间隙过大的处理	232
第三节 三相交流电机绕组的重绕修理	233
一、记录原始数据	233
二、绕组接法的识别	235
三、拆除旧绕组	239
四、散绕线圈的绕制、嵌线与接线	242
五、成型线圈的绕制、嵌线与接线	252
六、杆形线圈的绕制、嵌线与接线	256
七、磁极线圈的绕制、嵌线与接线	260
八、重换绕组后的绝缘处理	261
第五章 同步电机	265
第一节 同步电机的结构及原理	265
一、同步发电机的工作原理	266
二、同步发电机的结构	268
三、同步发电机的型号	269
四、同步发电机的铭牌数据	273
五、同步电动机概述	275

第二节	同步发电机的维修	279
一、	同步发电机的日常维护	279
二、	同步发电机运行中的常见故障及处理	284
三、	同步发电机的定期维护保养	290
四、	同步发电机的故障检修	294
五、	同步发电机运行中和检修后的试验	302
第六章	特殊电动机	306
第一节	家用洗衣机电动机	306
一、	波轮式洗衣机电动机	306
二、	滚筒式洗衣机电动机	311
三、	洗衣机电动机常见故障及维修	313
第二节	电冰箱、空调器压缩机电动机	314
一、	压缩机电动机分类及结构	314
二、	压缩机电动机定子绕组结构	317
三、	压缩机电动机常见故障及维修	322
第三节	吸尘器电动机	323
一、	吸尘器电动机结构	323
二、	吸尘器电动机拆装	327
三、	吸尘器电动机常见故障及维修	332
第四节	电钻的检修	335
一、	单相电钻的结构与特性	335
二、	单相电钻的常见故障与排除	336
三、	电钻的技术数据	338
四、	电钻的修理	339
第五节	交直流电焊机的修理	343
一、	交直流电焊机的特性	343
二、	直流电焊机的修理	344
三、	交流电焊机的修理	347

第一章 电机维修基础知识

第一节 电机实用技术基础

一、电机的分类及型号

1. 电机的分类

电机是一种进行机电能量转换的电磁机械装置。按能量转换方向的不同,电机可分为两大类:第一类是发电机,可实现将轴上输入的机械能转换成线端输出的电能;第二类是电动机,可实现将线端输入的电能转换成轴上输出的机械能。根据电源性质及应用场合的不同,电机又可分为直流电机和交流电机两大类。根据结构与工作原理的不同,交流电机还可分为感应电机、同步电机和交流整流子电机三种类型,电机的基本分类方法如图 1-1 所示。

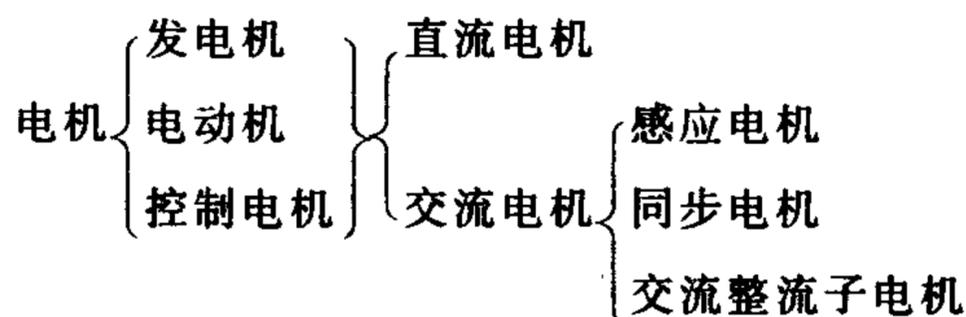


图 1-1 电机的基本分类方法

电机除作为发电机和电动机使用以外,在自动控制系统中还使用了各种控制电机,用来完成各种讯号的转换。

电机的分类还可以有其他方法。例如,按机座号的大小或功率的大小,电机可分为大型、中型、小型和小功率电机。一般来说,电枢铁芯外径大于 990 mm 的电机为大型电机,中心高 H 在 400~630 mm 范围内的电机为中型电机。小功率电机是将转速折算至

1500 r/min时,其连续定额时的额定功率不超过 1.1 kW 的电机。

电机还可按外壳防护型式、冷却方法、安装型式、使用环境条件、绝缘结构、励磁方式和工作制等特征进行分类。电机按结构型式分类如表 1-1。

表 1-1 电机按结构型式的分类

分类	类型	分类	类型
按外壳防护型式	开启式、防护式、封闭式、防尘式、防爆式等	按绝缘等级	A 级、E 级、B 级、F 级、H 级
		按工作制	连续、短时、周期、非周期
按通风冷却方式	自冷式、自扇冷式、他扇冷式、管道通风式等	按电机尺寸 中心高/mm	大型 中型 小型 小功率 >630 400~630 80~355 <90
按安装型式	卧式、立式、凸缘(带底脚或不带底脚)		定子铁芯 外径/mm

2. 电机的功能

实现机械能与电能之间的能量转换是电机的基本功能。发电机把从原动机输入的机械能转换成绕组端口的电能,而电动机则反之,它把绕组端口从电网输入的电能转换成轴上输出的机械能。当然,在进行能量转换的过程中,电机内部难免会产生一些损耗,这些损耗将转变成内能散发到电机周围的冷却介质中,同时也使电机的温度升高。由于这些损耗的存在,使电机的效率总是小于 100%。

电机正常运行时,如果其中某些电气的或机械的输入量发生变化时,电机的运行状态和输出也会按照一定的规律随之发生变化。例如,当交流电动机的频率、电压、磁场或负载等发生变化时,其感应电动势、电流、电磁转矩、功率和转速等也会随之变化。如果对交流电动机的频率、电压、磁场等进行控制,就可以使该电动机的运行状态和输出量按照控制要求变化。因此,电机还具有根据输入量的改变而使输出量(例如转速、转矩、功率等)做出相应变化的功能,对于

速度控制和伺服控制等自动控制系统,电机的这种受控功能十分重要。

电动机的机电能量转换和受控功能如图 1-2 所示。

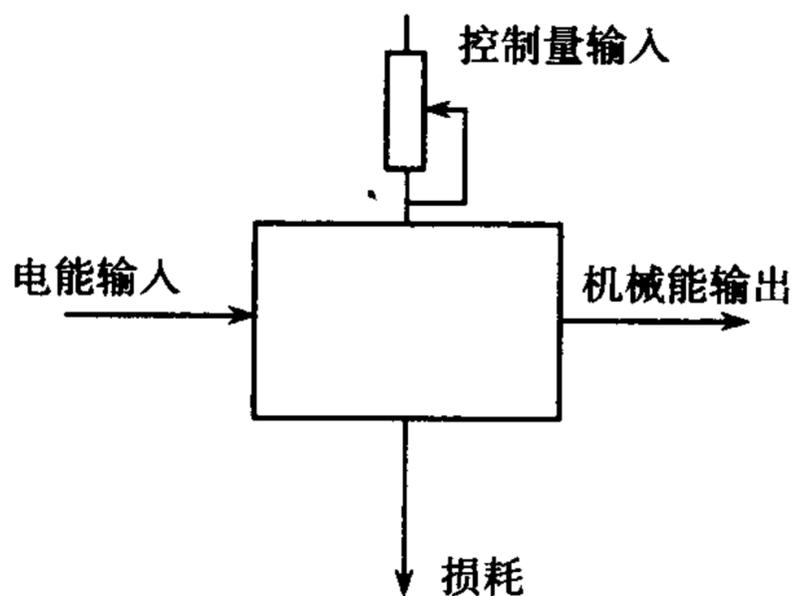
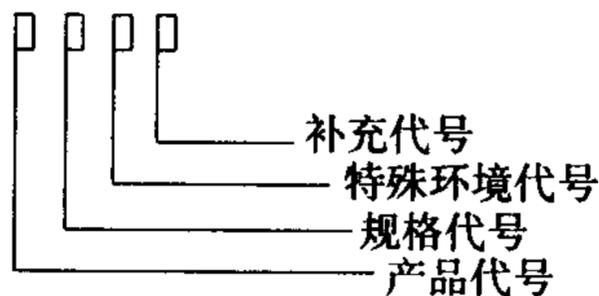


图 1-2 电动机的功能

控制电机是一类专门用来实现各种讯号变换的电机,在自动控制系统和计算装置中,主要用作检测、放大、执行、解算等功能。例如测速电机是一种速度检测元件,可以把轴上的转速信号转换成电压信号输出,可用于直流电动机或交流电动机的速度控制;伺服电动机是一种执行元件,可以把位置传感器检测到的位置信息转换成伺服电动机轴上输出的角位移或角速度,从而实现伺服系统的位置控制。

3. 电机的产品型号

电机的产品型号由产品代号、规格代号、特殊环境代号以及补充代号等四个部分组成,并按以下顺序排列。



(1) 产品代号

电机产品代号又由电机类型代号、电机特点代号、设计序号和励磁方式代号等四个小节按顺序组成。

我国的电机类型代号采用汉语拼音来表示各种不同类型的电

机,如表 1-2 所示。

表 1-2 电机类型代号

序号	电机类型	代号
1	异步电动机(笼型及绕线转子型)	Y
2	同步电动机	T
3	同步发电机(除汽轮、水轮发电机外)	TF
4	直流电动机	Z
5	直流发电机	ZF
6	测功机	C
7	交流换向器电机	H
8	潜水电机	Q
9	纺织用电机	F

电机特点代号表示电机的性能、结构或用途等,采用汉语拼音字母标注。对于防爆电机,代表防爆类型的字母 A(增安型)、B(隔爆型)和 ZY(正压型)应标于电机的特点代号首位,即紧接在电机类型代号后面标注。

设计序号是指电机产品设计的顺序,用阿拉伯数字表示。对于第一次设计的产品不标注设计序号,派生系列设计序号按基本系列标注,专用系列按本身设计的顺序标注。

励磁方式代号用汉语拼音字母标注,其中 S 表示三次谐波励磁、J 表示晶闸管励磁、X 表示相复励励磁,并应标注于设计序号之后。当不必标注设计序号时,则标于特点代号之后,并用短线分开。

(2) 规格代号

电机规格代号用轴中心高、铁芯外径、机座号、机壳外径、轴伸直径、凸缘代号、机座长度、铁芯长度、功率、电流等级、转速或极数等来表示。

机座长度采用国际通用字母号表示,S 表示短机座、M 表示中机

座、L表示长机座。铁芯长度按由短至长,依次用数字1,2,⋯表示。极数也用阿拉伯数字表示。

常用主要系列电动机产品的规格代号构成如表1-3所示。

表 1-3 常用主要系列电动机产品的规格代号构成

电动机类型	规格代号构成	举例
小型异步电动机	中心高(mm)机座长度(字母代号)铁芯长度(数字代号)-极数	YR132M1-4
	中心高(mm)机座长度(字母代号)-极数	Y2-112M-4
中大型异步电动机	中心高(mm)机座长度(字母代号)铁芯长度(数字代号)-极数	Y400-2-6
小型同步电动机	中心高(mm)机座长度(字母代号)	T2-160S2
小型直流电动机	中心高(mm)铁芯长度(数字代号)-端盖代号(数字代号)	Z4-180-21

(3)特殊环境代号

电机的特殊环境代号如表1-4所示。若同时适用于一个以上的特殊环境时,则按表1-4所示代号的顺序排列。

表 1-4 电机的特殊环境代号

特殊环境	高原用	航(海)用	户外用	化工防腐用	热带用	湿热带用	干热带用
代号	G	H	W	F	T	TH	TA

(4)补充代号

补充代号仅适用于有此要求的电机,用汉语拼音字母(不应与特殊环境代号重复)或阿拉伯数字表示,所代表的意义应在产品标准中作具体说明。

二、电机的结构型式

电机的结构型式是指电机的固定用构件、轴承装置以及轴伸等部件的构成情况,主要包括电机的外壳防护型式、冷却方法以及安装方法等。不同结构型式的电机,可以适应不同的使用环境和不同的使用要求。同一种类型的电机,也可以有多种不同的结构型式,现分别说明如下。

1. 电机的外壳防护型式

国家标准 GB/4942.1—2001《旋转电机外壳防护分级》指出,电机的外壳防护应包括,防止人体触及、接近机壳内带电部分和触及机壳内转动部分,以及防止固体异物进入电机内部的防护(第一类防护)和防止水进入电机内部而引起有害影响的防护(第二类防护)。在设计和使用电机时,必须充分考虑电机的使用环境和使用要求,以便设计和选用具有适当外壳防护等级的电机。

我国的电机外壳防护等级代号采用“国际防护”的英文缩写 IP (International Protection)以及附加在后面的两个数字表示防止人体触及和防止固体异物进入电机的防护,第二个表征数字表示防止水进入电机的防护,前者(第一为数字)分为 6 个等级(0~5),后者(第二个数字)则分为 9 个等级(0~8),如表 1-5 所示。

表 1-5 电机的外壳防护分级

对人体和固体异物的防护分级	对防止水进入的防护分级
0 无防护型	0 无防护型
1 半防护型(防止直径大于 50 mm 的固体异物进入)	1 防滴水型 1(防止垂直滴水)
2 防护型(防止直径大于 12 mm 的固体异物进入)	2 防滴水型 2(防止与垂直成 $\theta \leq 15^\circ$ 的滴水)

续 表

对人体和固体异物的防护分级	对防止水进入的防护分级
3 封闭型(防止直径大于 2.5 mm 的固体异物进入)	3 防淋水型(防护与垂直线成 $\theta \leq 60^\circ$ 的淋水)
4 全封闭型(防止直径大于 1 mm 的固体异物进入)	4 防溅水型(防护任何方向的溅水)
5 防尘型	5 防喷水型(防护任何方向的喷水)
	6 防海浪型
	7 防浸水型
	8 潜水型

例如,我国小型三相感应电动机基本系列——Y 系列的外壳防护等级为 IP44,其中第 1 位数字“4”表示对人体触及和固体异物的防护等级(即电动机外壳能够防护直径大于 1 mm 的固体异物触及或接近机壳内的带电部分或转动部分);而第 2 位数字“4”则表示对防止水进入电机内部的防护等级(即电动机外壳能够承受任何方向的溅水而无有害影响)。Y₂ 系列的外壳防护等级为 IP54,其对人体触及和固体异物的防护等级提高为防尘型,而对水进入电机内部的防护等级与 Y 系列相同。

2. 电机的冷却方法

电机进行机电能量转换时,电机内部会产生铜耗、铁耗、机械损耗和杂散损耗等各种损耗。这些损耗将转换成内能,首先由热传导作用传递到部件表面,然后通过对流和辐射作用散发到周围冷却介质中。与此同时,也使电机内各部件的温度升高。当绕组和铁芯温度超过一定限值时,绝缘材料将因过热而受损,严重时甚至被烧毁。电机的容量越大,其发热和冷却问题也就越突出。

要想降低电机内各部件(主要是绕组和铁芯)的温度,一方面应增强电机内部的热传导能力,另一方面应增强部件表面的散热能力。

前者主要依靠具有优良性能的绝缘材料和良好的浸漆、烘干技术,后者与部件表面(例如机壳表面)的散热面积、冷却介质与冷却表面的相对速度(例如风速)以及冷却介质温度等因素有关。

国家标准 GB/T1993—1993《旋转电机冷却方法》中规定,电机冷却方法代号采用“国际冷却”的英文缩写 IC(International Cooling)以及附加在后面的冷却回路布置的特征数字、冷却介质性质的特征字母以及冷却介质推动方法的特征数字等组成。表示冷却介质性质的特征字母如表 1-6 所示。若冷却介质为空气,则其特征字母“A”可以省略。

表 1-6 冷却介质的特征字母

特征字母	冷却介质
A	空气
F	氟利昂
H	氢气
N	氮气
C	二氧化碳
W	水
U	油
S	其他冷却介质
Y	待确定的冷却介质

冷却回路布置方式与冷却介质推动方法的特征数字及其简要说明如表 1-7 所示。

表 1-7 冷却回路布置方式与冷却介质推动方法

冷却回路布置方式	冷却介质推动方法
0 自由循环 (回路的出入口直接面向周围介质)	0 自由对流 (依靠温度差)

续 表

冷却回路布置方式	冷却介质推动方法
1 进口管或通道循环 (冷却介质从进口管或通道流入后自由流出)	1 自循环 (依靠转子本身的煽风作用或安装在转子上的风扇)
2 出口管或通道循环 (冷却介质自由流入电机后由出口管或通道流出)	2,3,4 备用
3 进、出口管或通道循环 (冷却介质从进、出口管或通道流入与流出)	5 内装式独立部件 (由安装在电机内部的独立部件驱动介质运动)
4 机壳表面冷却 (通过机壳表面把热量散发到周围环境介质)	6 外装式独立部件 (由安装在电机上的独立部件驱动介质运动)
5,6 内装式或外装式冷却器 (通过冷却器与周围环境介质交换热量)	7 分装式独立部件 (与电机分开安装的独立部件驱动介质运动)
7,8 内装式或外装式冷却器 (通过冷却器与二次冷却介质交换热量)	8 相对运动 (依靠电机与冷却介质之间的相对运动)
9 分装式冷却器 (通过独立安装的冷却器与周围环境介质或二次冷却介质交换热量)	9 其他部件 (冷却介质由上述方法以外的方法驱动)

例如, Y₂ 系列三相感应电动机的冷却方法为 IC411, 这是一种简化标记法, 其完整标记法为 IC4A1A1, 因初、次级的冷却介质均为空气, 故两个表征冷却介质性质的特征字母“ A ”均可略去不写。第一个特征数字“ 4 ”表示冷却回路的布置方式为“机壳表面冷却”, 第二个特征数字“ 1 ”表示初级冷却介质的推动方法为“自循环”, 第三个特征数字“ 1 ”表示次级冷却介质的推动方法亦为“自循环”。这里所谓

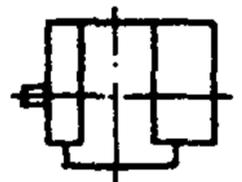
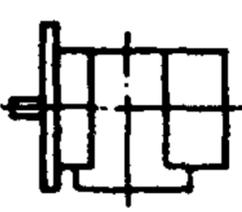
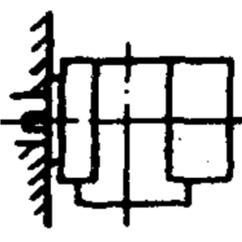
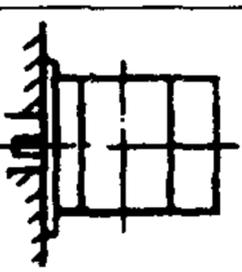
的初级冷却介质是指电机内部的空气,而次级冷却介质是指电机周围环境的空气。

3. 电机的结构及安装型式

电机的结构及安装型式主要是指电机的轴承装置以及底脚、轴伸等的构成情况。GB/T 997—1981《电机结构及安装型式代号》规定,旋转电机的结构及安装型式代号由“国家安装”的英文缩写 IM (International Mounting)和附在后面的代表“卧式安装”的大写字母 B 或“立式安装”的大写字母 V 以及一位或两位阿拉伯数字组成。

常用卧式安装电机和立式安装电机的结构特点及安装型式如表 1-8 和表 1-9 所示。

表 1-8 常用卧式安装电机的结构及安装型式

代号	示意图	结构特点及安装型式
B3		<ul style="list-style-type: none"> • 两个端盖式轴承,机座有底脚,有轴伸 • 借底脚安装在基础构件上
B35		<ul style="list-style-type: none"> • 两个端盖式轴承,机座有底脚,有轴伸,端盖带凸缘,凸缘有通孔,凸缘在 D 端(轴伸端) • 借底脚安装在基础构件上,并附用凸缘安装
B34		<ul style="list-style-type: none"> • 两个端盖式轴承,机座有底脚,有轴伸,端盖带凸缘,凸缘有螺孔并有止口,凸缘在 D 端(轴伸端) • 借底脚安装在基础构件上,并附用凸缘平面安装
B5		<ul style="list-style-type: none"> • 两个端盖式轴承,机座有底脚,有轴伸,端盖带凸缘,凸缘有通孔,凸缘在 D 端(轴伸端) • 借凸缘安装
B6		<ul style="list-style-type: none"> • 两个端盖式轴承,机座有底脚,有轴伸,结构上与 B3 相同,但端盖需转 90° • 借底脚安装在墙上,从 D 端看底脚在左边

续 表

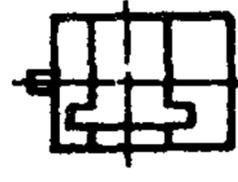
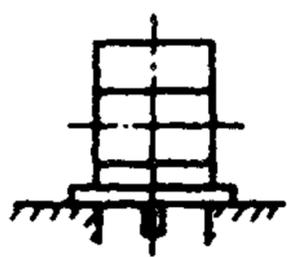
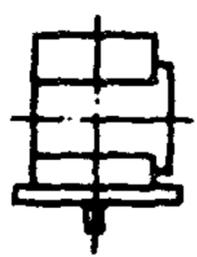
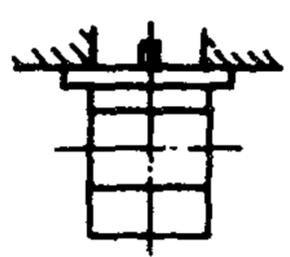
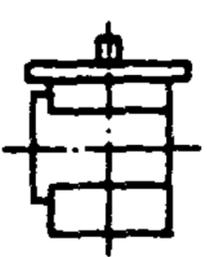
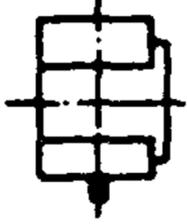
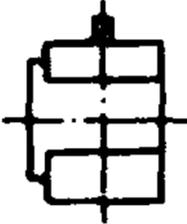
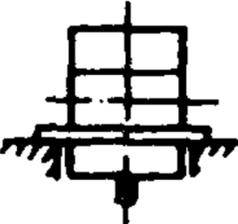
代号	示意图	结构特点及安装型式
B7		<ul style="list-style-type: none"> • 两个端盖式轴承,机座有底脚,有轴伸,结构上与 B3 相同,但端盖需转 90° • 借底脚安装在墙上,从 D 端看底脚在右边
B8		<ul style="list-style-type: none"> • 两个端盖式轴承,机座有底脚,有轴伸,结构上与 B3 相同,但端盖需转 180° • 借底脚安装在天花板上
B20		<ul style="list-style-type: none"> • 两个端盖式轴承,机座有抬高的底脚,有轴伸 • 借底脚安装在基础构件上

表 1-9 常用立式安装电机的结构及安装型式

代号	示意图	结构特点及安装型式
V1		<ul style="list-style-type: none"> • 两个端盖式轴承,机座无底脚,轴伸向下,端盖带凸缘,凸缘有通孔,凸缘在 D 端(轴伸端) • 借凸缘在底部安装
V15		<ul style="list-style-type: none"> • 两个端盖式轴承,机座有底脚,轴伸向下,端盖带凸缘,凸缘有通孔或螺孔,并有(或无)止口,凸缘在 D 端(轴伸端) • 借底脚安装在墙上,并附用凸缘在底部安装
V3		<ul style="list-style-type: none"> • 两个端盖式轴承,机座无底脚,轴伸向上,端盖带凸缘,凸缘有通孔,凸缘在 D 端(轴伸端) • 借凸缘在顶部安装
V36		<ul style="list-style-type: none"> • 两个端盖式轴承,机座有底脚,轴伸向上,端盖带凸缘,凸缘有通孔,凸缘在 D 端 • 借底脚安装在墙上或基础构件上,并附用凸缘在顶部安装

续 表

代号	示意图	结构特点及安装型式
V5		<ul style="list-style-type: none"> • 两个端盖式轴承,机座有底脚,轴伸向下 • 借底脚安装在墙上或基础构件上
V6		<ul style="list-style-type: none"> • 两个端盖式轴承,机座有底脚,轴伸向上 • 借底脚安装在墙上或基础构件上
V10		<ul style="list-style-type: none"> • 两个端盖式轴承,机座无底脚,轴伸向下,端盖带凸缘,凸缘有通孔,凸缘在D端(轴伸端) • 借D端的凸缘平面在底部安装

三、系列电机

电机产品大多为系列产品。所谓系列电机是指技术要求、设计方法、结构型式、冷却方法、生产工艺及应用范围基本相同,功率及安装尺寸按一定规律递增,零部件通用性很高的一系列电机。只有当用户提出与系列电机差别较大的特殊技术要求时,才考虑进行特殊规格电机的设计和生产。即使这样,也应尽量利用现有的工装、模具,以降低生产成本,缩短生产周期。

电机系列产品可分为基本系列、派生系列和专用系列。基本系列是为适应一般传动要求而生产的应用范围较广的一般用途电机产品,例如,Y系列和Y₂系列三相感应电动机、Z₄系列小型直流电机等。派生系列是按照不同的使用要求,在基本系列的基础上作部分改动,其零部件与基本系列有较高通用性的系列电机产品,例如,YD系列变极多速三相感应电动机是Y系列电动机的派生系列产品。派生系列产品可分为电气派生、结构派生和特殊环境派生等。专用

系列是具有特殊使用要求或特殊防护要求的系列电动机产品,例如YZ系列冶金及起重三相感应电动机等。

由于三相感应电动机的应用极为广泛,为适应不同的使用要求,在基本系列的基础上衍生出很多派生系列和专用系列产品。部分小型三相感应电动机系列产品的性能或结构特点及其应用如表1-10所示。

表 1-10 三相感应电动机的基本系列、派生系列与专用系列

系列	特点	应用
基本系列 (Y、Y ₂ 系列)	适合一般传动要求,应用量大面广的系列电机产品	机床、风机、水泵、压缩机、运输机械、农业机械等
电气派生系列	高效电动机 (YX 系列) (Y ₂ -E 系列)	通过一系列设计与工艺措施,减小电机损耗(铜耗、铁耗、机械耗、杂散耗等)来提高效率
	变极多速电动机 (YD 系列)	通过改变定子绕组接法来改变极对数,从而改变电机转速
	高转差率电动机 (YH 系列)	通过提高转子绕组材料的电阻率来提高转差率,以获得较软的机械特性
	变频调速电动机	能适应变频器供电的要求,可通过改变频率来调节转速
	绕线转子电动机 (YR 系列)	转子为分布短距的绕线型绕组,通过滑环电刷与外部电阻或电源相连接,提高启动与调速性能

续表

	系列	特点	应用
结构派生系列	电磁调速电动机 (TCT 系列)	由基本系列感应电动机与电磁转差离合器组合成一体,通过调节离合器的直流励磁电流实现调速	适合于驱动恒转矩负载或风机泵类负载等要求无级调速的机械设备
	齿轮减速电动机 (YCJ 系列)	由基本系列感应电动机与齿轮减速器组成,获得低转速、大转矩	适合于驱动要求低转速、大转矩的机械设备
	制动电动机	由基本系列感应电动机与制动器组成,电动机断电后,能迅速实现制动停机,如旁磁制动式、电磁制动式、杠杆制动式等	要求快速准确停机、往复运转、频繁启动、制动的机械,如升降机、运输机、印刷机、建筑机械等
	低振动低噪声电动机 (YZC 系列)	通过提高加工精度和转子动平衡精度以及轴承选择、风扇结构等措施,降低电动机的振动和噪声	适用于精密机床及需要低振动低噪声的机械设备
特殊环境派生系列	增安型电动机 (YA 系列)	正常运行时不产生火花、电弧及危险温度,采取电磁上和结构上的加强措施提高其防爆安全性	用于仅在不正常情况下才能形成爆炸性混合物的场所
	隔爆型电动机 (YB 系列)	加强外壳机械强度,并严格保证各接合面具有一定的防爆间隙参数	用于煤矿、石油、化工等有爆炸性危险的场所
	户外防腐型电动机 (Y-WF 系列)	在结构、材料、工艺等方面采取防腐、密封等措施,防护等级为 IP55	适用于有腐蚀性气体和腐蚀性粉尘的户内、户外场所
	船用电动机 (Y-H 系列)	加强外壳机械强度,绕组、金属零部件和电机表面等经特殊处理,能防凝露、盐雾及霉菌等侵蚀	适合于驱动一般船舶机械,如机舵辅助机械,液压泵等泵用电动机,通风机,分离器等

续 表

系列	特点	应用
冶金及起重用电动机 (YZ 系列)	断续定额, 频繁启动、制动及正、反转, 启动转矩大, 过载能力强	适用于冶金辅助设备 及一般起重机械
电梯电动机 (YTD 系列)	电梯用单绕组双速电机, 堵转时转矩大、电流小、运行平稳、噪声低, 短时工作制	适用于交流客、货电梯 及其他升降机械的驱动
力矩电动机 (YLJ 系列)	机械特性软, 可在从堵转到接近同步转数的范围内稳定运行	用来驱动恒张力、恒线速度及恒转矩性质的机械负载
电动阀门用电动机 (YDF 系列)	与阀门组成一体, 具有低转动惯量、高启动转矩, 短时工作制	用于输油、输气管线上 阀门的自动开、闭

专用系列

四、电动机的选择

电动机是生产机械和家用电器的主要动力来源, 对使用者来说, 电动机的选择十分重要。简单地说, 电动机的选择就是根据不同性质负载和不同使用条件的要求, 合理选择不同类型和不同规格的电动机。实际上, 要想做到正确、合理地选择电动机并不是一件很简单的事情, 需要有一定的专业知识和一定的实践经验。电动机的选择要包括电动机类型及其结构型式的选择、电动机额定电压、额定转速和额定功率的选择, 以及电动机的性能及其经济性的选择等。电动机的正确、合理选用可以保证电机具有良好的运行性能以及良好的经济性和可靠性。否则, 轻者将造成资源的不必要浪费, 重者可能酿成事故。下面将对电动机选择的基本要求与基本内容, 以及其中最重要的电动机额定功率的选择等内容作简要介绍。

1. 电动机选择的基本要求

电动机选择的基本要求可归纳出以下几点:

(1)电动机的结构型式应满足使用环境和安装方法的要求,绝缘等级应与负载性质和环境温度等要求相适应;

(2)电动机全面满足被驱动机械负载的各种要求,如负载性质、工作制、转速、加速度、启动、制动、过载能力以及调速特性等,电动机的负载率可按负载性质在 0.75~0.9 选择;

(3)按技术与经济的合理性原则选择电动机的类型(直流电动机、异步电动机、同步电动机等),电压等级(低压、高压等)、结构型式(外壳防护、安装方法、防爆等)和冷却方法(空冷、水冷等),以保证电机和生产机械的可靠性和经济性;

(4)所选电动机除应满足被驱动机械负载以及使用环境的要求外,还应满足供电电网的要求。对于容量较小的电网,特别应考虑电动机启动电流引起的电网电压降低的影响以及保持电网功率因数的合理范围。

2. 电动机选择的主要内容

根据上述电动机选择的基本要求可知,电动机选择的主要内容有:使用环境、结构型式、电动机类型、电压等级、额定转速、额定功率等,现分述如下。

(1)使用环境

选择电动机之前,应详细了解电动机的使用环境,以便选择满足环境条件要求的电动机。所谓使用环境,主要是指电动机运行地点的海拔、环境空气温度、环境空气相对湿度以及是否有爆炸性危险环境等。一般情况下,电动机在以下环境条件下应满载正常运行:

①海拔不超过 1 000 m;

②运行地点的最高环境空气温度不超过 40℃,最低环境空气温度为 15℃。

③运行地点的最湿月份的平均最高相对湿度为 90%,同时该月平均最低温度不高于 25℃。

如果电动机运行地点的环境条件不能满足以上要求,例如,高温、高湿环境,盐雾、霉菌环境,高海拔、低温环境,户外、船用环境以

及有爆炸性危险环境等,则应根据国家标准的有关规定,慎重选择电动机的类型、结构型式和额定功率等。以保证电动机安全可靠和经济地运行。

(2) 结构型式

电动机的结构型式主要指电动机的外壳防护型式、冷却方法及安装方法等。

电动机的外壳防护型式按防止人体触及、固体异物进入电动机内部以及防止水进入电动机内部的情况分为若干等级,大体上可分为开启式、防护式、封闭式、密封式以及防爆式几种。

开启式电动机为无防护式电动机,散热好、价格低,只能在清洁干燥的环境中使用。防护式电动机的机座两侧有通风口,散热较好,能防止固体异物和滴水从上方进入电动机,适用于比较清洁、干燥的环境。封闭式电动机的机座上无通风口,散热能力较差,能防止微小固体异物和任何方向的溅水进入电机内部,适合在较为严酷的环境中使用。密封式电动机可以浸在液体中使用,例如用于潜水泵、潜油泵等。防爆式电动机主要用于有爆炸性危险的环境,如煤矿、石油、化工等场合,对于防爆电动机的结构及其适用的危险场所,国家标准中均有严格的详细规定,选用电动机时应格外谨慎从事。

电动机的冷却方法主要是指电动机冷却回路的布置方式、冷却介质的形式以及冷却介质的推动方法等。一般用途电动机用空气作为冷却介质,采用机壳表面冷却方式,初、次级冷却介质的推动方法均采用自循环。因此电动机的体积小、重量轻、价格便宜,在无爆炸性危险的场合,可优先选择一般用途电动机。

按电动机的结构及安装型式,可分为卧式安装和立式安装两种,它们又分为端盖无凸缘和端盖有凸缘两种型式。一般情况下大多采用卧式安装,特殊情况下才考虑采用立式安装。立式和有凸缘安装的电动机价格较贵。

轴伸是电动机转子与机械负载连接,从而传递转矩和转速并输出机械功率的部分,有单轴伸、双轴伸、圆柱形轴伸、圆锥形轴伸等型

式。大多为圆柱形单轴伸结构,可根据实际需要选用。

(3)电动机类型

选择电动机类型时,首先考虑的是电动机的性能应能全面满足被驱动机械负载的要求,如启动性能、正反转运行、调速性能、过载能力等。在这个前提下,优先选用结构简单、运行可靠、维护方便、价格便宜电动机。

一般情况下,对于不需要调速或对调速要求不高的生产机械,可优先选用笼型三相感应电动机。这时应充分考虑电动机的启动容量与电源容量的对应关系。普通笼型电动机的启动转矩不大,特别是采用降压启动时,只适用于空载或轻载启动的场合,例如,风机、泵类负载等。高启动转矩的笼型电动机(深槽式、双笼式)可应用于重载启动的生产机械,如压缩机、皮带运输机等。对于需要有级调速的生产机械,可选用变级多速笼型电动机,如电梯、机床等。对于带有飞轮的冲击性负载,则应选用高转差率笼型电动机,如冲压机床、锻压机床等。

对于启动、制动转矩要求较大,需要频繁启动、制动,并且需要调速的生产机械,可选用绕线型感应电动机,如起重机、升降机、轧钢机、压缩机等。

对于容量较大且不需要调速的生产机械,应优先选用同步电动机,让同步电动机运行于过励状态,还可以改善电网的功率因数。

对于要求在宽广范围内平滑调速或要求准确位置控制的生产机械,可选用他励(并励)直流电动机。如数控机床、龙门刨床、轧钢机、印刷机、造纸机等。对于要求软机械特性、高启动转矩的生产机械,如电车、蓄电池车、电力机车等,可选用串励或复励直流电动机。直流电动机有电刷和换向器,维护工作量较大,价格也比感应电动机要贵些。

有爆炸性危险的场所应选用具有防爆结构的电动机。有爆炸性危险的场所称为危险场所,危险场所分为若干等级,不同等级的危险场所应选用不同类型的防爆电动机。

近年来,交流电动机调速技术已经日趋成熟,交流调速系统的性能已经可以与直流调速系统相媲美,在许多过去使用直流电动机的场合,目前已改用变频器供电的交流电动机。当然,目前变频器的价格仍然较高,使用者本身也需要有一个提高和再学习的过程,但用交流调速系统取代直流调速系统的日子已为期不远了。

(4) 额定电压

选择电动机时,其额定电压要与供电电源的电压相一致。小型三相交流电动机的额定电压一般为 380 V,中、大型交流电动机的额定电压则为 3 000 V 或 6 000 V。直流电动机的额定电压一般为 110 V 或 220 V。当直流电动机采用静止整流电源直接接交流电网供电时,若采用单相 220 V 交流电源,直流电动机的额定电压为 160 V;采用三相 380 V 交流电源、三相全波整流电路供电时,直流电动机的额定电压为 400 V(不可逆)或 440 V(可逆);采用三相半波整流电源供电时,直流电动机的额定电压为 220 V。

对于交流电动机,电网供电质量对电机性能的影响很大。GB755 规定,交流电动机的电源电压应为实际正弦波形,对于多相电动机,电源电压还应为实际平衡系统。

所谓电压的实际正弦波形是指电压波形的正弦性畸变率不超过 5%。所谓实际平衡的电压系统是指在多相电压系统中,电压的负序分量不超过正序分量的 1%(长期运行)或 1.5%(不超过几分钟的短时运行),且零序分量不超过正序分量的 1%。

在电动机运行期间,在额定频率的情况下,允许电源电压在额定值的 $\pm 5\%$ 之间变化;在额定电压的情况下,允许电网频率的变化不超过额定频率的 $\pm 1\%$;当电压和频率同时变化时,二者变化的绝对值之和不应超过 5%,这时交流电机应仍然输出额定功率而不产生有害的高温。表 1-11 和表 1-12 分别示出了当电源电压为 $1.1U_N$ 和 $0.9U_N$ 时,以及电源频率为 $1.05f_N$ 和 $0.95f_N$ 时,对三相感应电动机性能影响情况。表中的数据除“温升”一栏外,全部是以电动机在额定电压 U_N 、额定频率 f_N 下运行时的性能作为基准性能变化的

百分值,其中,数据前的“+”表示增加,“-”表示减小。

表 1-11 电源电压为 $1.1U_N$ 和 $0.9U_N$ 时对三相感应电动机性能的影响(单位:%)

电源电压	定子电流	同步转速	转差率	堵转电流	堵转转矩	最大转矩	效率	功率因数	温升
$1.1U_N$	-7	+1	-17	+(10~12)	+(21~23)	+(21~23)	+(0.5~1.0)	-3	-(3~4)K
$0.9U_N$	+11	-1.5	+23	-(9~11)	-(17~19)	-(17~19)	-2	+1	+(6~7)K

表 1-12 电源电压为 $1.05f_N$ 和 $0.95f_N$ 时对三相感应电动机性能的影响(单位:%)

电源电压	同步转速	转差率	堵转电流	堵转转矩	最大转矩	效率	功率因数	温升
$1.05f_N$	+5	+5	-(4~5)	-(14~16)	-(8~10)	+	+	-
$0.95f_N$	-5	-5	+(4~5)	+(12~14)	+(8~10)	-	-	+

(5) 额定转速

电动机的额定转速是根据生产机械的转速要求选定的。在电源频率确定的情况下(我国电网频率为 50 Hz),交流电动机的同步转速与极数成反比,常用交流电动机的极数与同步转速的对应关系如表 1-13。

表 1-13 我国常用交流电动机的极数与同步转速(50 Hz)

极数	2	4	6	8	10
同步转速/r/min	3000	1500	1000	750	600

感应电动机的额定转速略低于相应的同步转速。

直流电动机的极数与转速之间没有交流电动机这种严格的关系,一般用途的基本系列直流电动机的额定转速亦为上表中的五种

转速值。

一般说来,相同功率等级电动机的转速越高,体积和重量就越小,价格越低,其飞轮矩 GD^2 一般也越小。电动机的飞轮矩 GD^2 对电动机的动态性能(如启动、调速性能等)影响很大,选择电动机时应予以注意。

选择电动机的额定转速时,还应考虑到传动机构及其速比的选择,若速比选择过大,虽然电动机的体积和价格降低了,但传动机构的体积增大,结构将变得复杂,价格也相应较贵。这时应综合考虑电动机与传动机构的技术性和经济性。

(6) 额定功率

额定功率的选择是电动机选择的核心内容,关系到电动机机械负载的合理匹配以及电动机运行的可靠性和使用寿命。

选择电动机额定功率时,需要考虑的主要问题有电动机的发热、过载能力和启动性能等,其中最主要的是电动机的发热问题。

从电动机发热的角度来看,电机的温升应与一定的功率相对应,额定功率时,电机温升不应超过绝缘等级的温升限值。因此,选择电动机额定功率时,需要根据机械负载的轴功率对所选电动机的发热情况进行校验。所谓发热校验,就是通过计算验证电动机的整个运行过程中的最高稳定温升是否不超过电动机绝缘等级的温升限值。

电动机的带负载能力总是有限的,电动机允许的最大转矩与额定转矩之比称为转矩允许过载倍数,转矩允许过载倍数反映了电动机的过载能力。交流电动机的过载能力受其最大转矩的限制,直流电动机的过载能力则主要受其换向火花的限制。另外,转轴、机座等的机械强度以及过载时的允许温升等也使电动机的过载能力受到了限制。选择电动机额定功率时,常常需要根据电动机类型和负载性质对过载能力进行校验。

对于直流绕线型感应电动机,启动转矩可以人为调节,甚至可以在最大转矩的情况下启动,因此,选择电动机功率时,其启动能力可以不必校验。但对于笼型感应电动机和异步启动的同步电动机,由

于启动转矩不是很大,启动过程的最小转矩又常常小于堵转转矩,特别是为了限制启动电流而采用降压启动时,启动转矩明显减小,故需要对启动能力进行校验。

电动机额定功率选择时一般可分为以下三个步骤:

- ①计算负载机械所需的轴功率 P ;
- ②预选电动机,使电动机的额定功率 $P_N \geq P$;
- ③校验所选电动机的发热、过载能力和启动能力。

第二节 电机维修常用工具及设备

一、电机维修常用量具和工具

测量电机零部件的尺寸、形状和位置的工具叫做量具。电机修理所用的量具很多,大体分为普通量具和精密量具。常用的钢直尺、卷尺、塞尺、 90° 角尺、内外卡钳等均是普通量具,而游标卡尺、外径千分尺、百分表、水平仪等属于精密量具。

1. 钢直尺

钢直尺是电机修理中各种零部件的尺寸、形状和位置的普通量具,精度为 0.5 mm 。

钢直尺是用厚 1 mm 、宽 25 mm 的不锈钢板制造的。尺的一端是直边,叫工作端边,尺的另一端有悬挂用的小孔。尺的长度有 150 mm 、 200 mm 、 300 mm 、 $1\ 000\text{ mm}$ 、 $1\ 500\text{ mm}$ 等,其外形如图 1-3 所示。

使用钢直尺时,可将尺的工作端边靠紧工件的台阶,放正后读数,如图 1-4a 所示。如果工件上没有台阶可靠紧时,可用平铁块的平面作为台阶,如图 1-4b 所示。对于工件端边磨损,“0”线读数不准时,可改用“ 10 mm ”分度线作为工作端边,测量后减去 10 mm ,如图 1-4c 所示。

钢直尺除测量长度之外,利用其“立面”还可以检查电机铁芯或

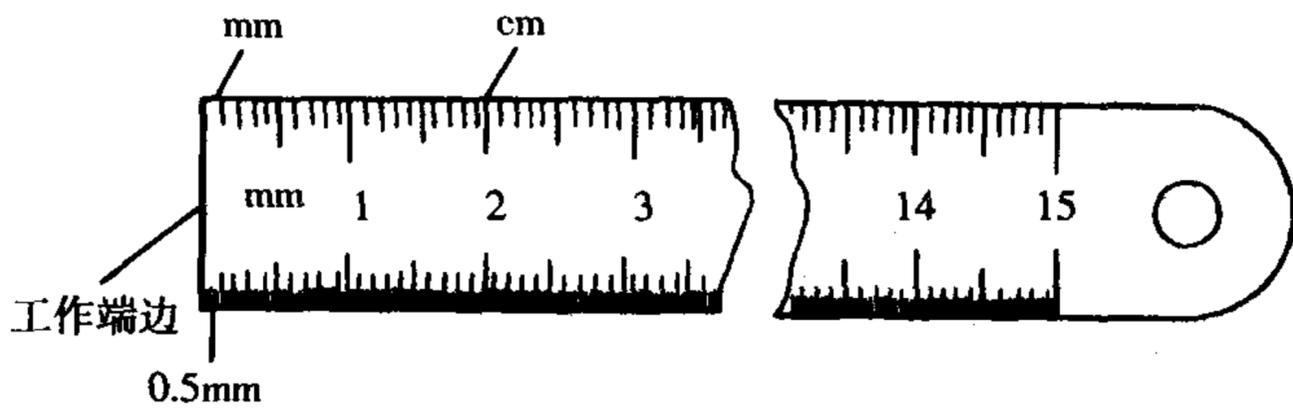


图 1-3 钢直尺外形

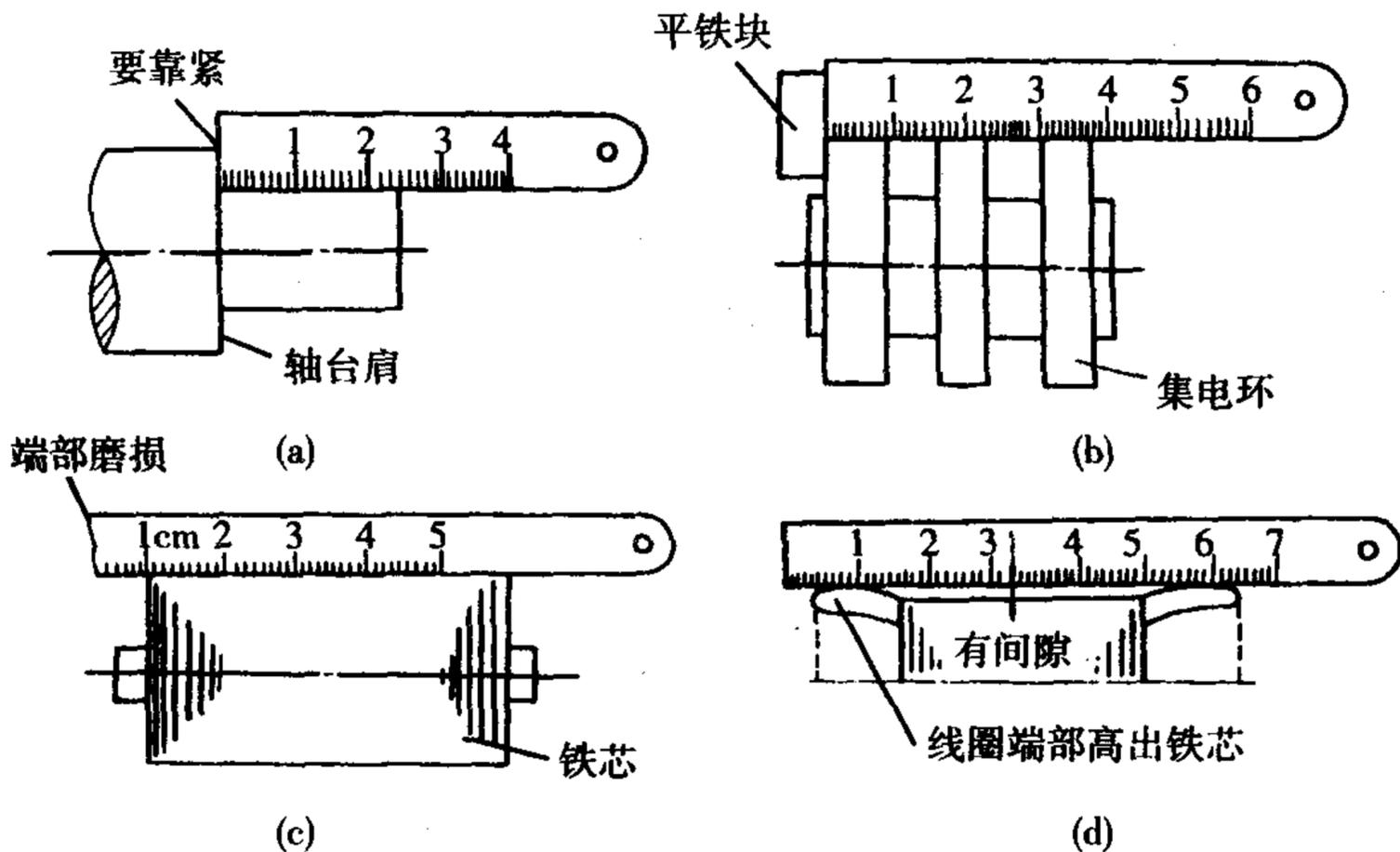


图 1-4 钢直尺使用方法

绑扎的无纬带是否高出规定数值,如图 1-4d 所示。

2. 游标卡尺

游标卡尺属于较精密、多用途的量具,一般有准确到 0.1 mm、0.05 mm、0.02 mm 三种规格,其外形如图 1-5 所示。

尺身最小分度为 1 mm,从“0”线开始,每 10 格为 10 mm,在此尺身上直接读出整数值,游标上最小分度线为 0.9 mm。

(1)操作方法 测量前,要做“0”标志检查,即将尺身、游标的卡爪合拢接触,使其“0”线对齐。然后按被测量的工件移动游标,卡好

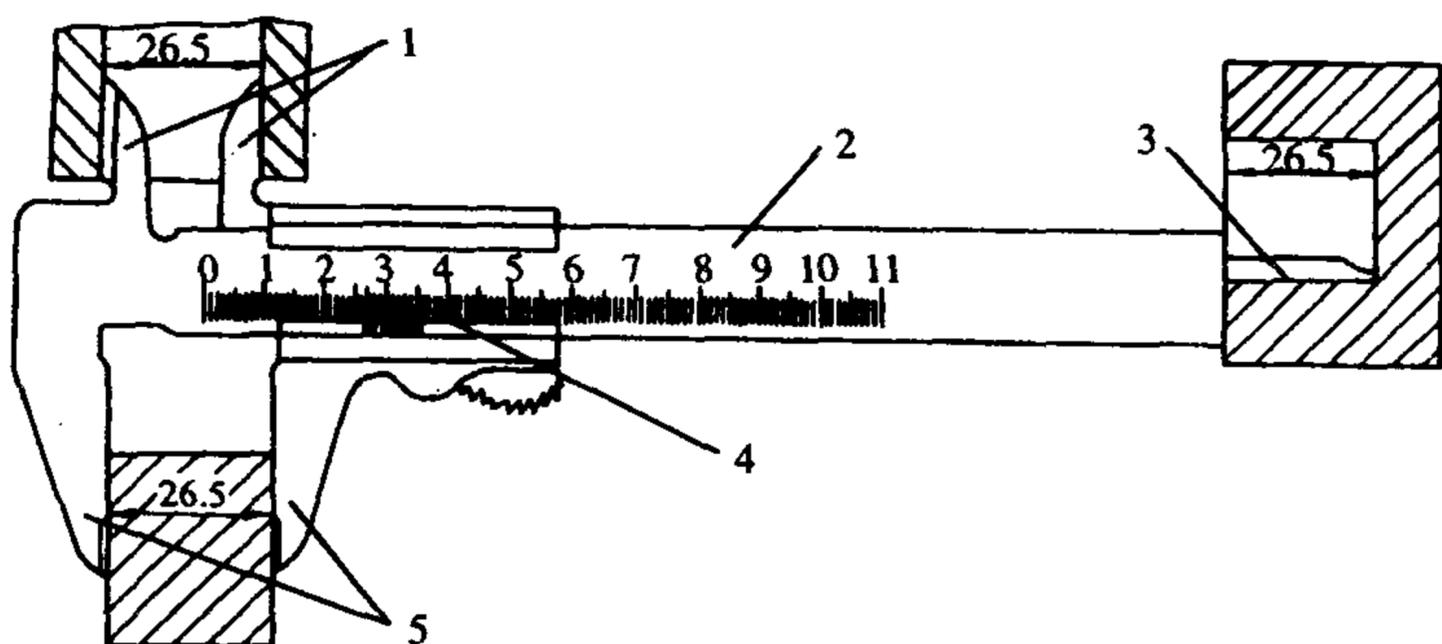


图 1-5 游标卡尺外形

1—内测量爪 2—尺身 3—深度尺 4—游标 5—外测量爪

工件后,便可在尺身、游标上得到读数。

例 尺身给出 52 mm,再看游标第 4 格与尺身刻度对齐,所以游标给出 0.4 mm,则工件总尺寸为 $52 \text{ mm} + 0.4 \text{ mm} = 52.4 \text{ mm}$ 。如图 1-6 所示。

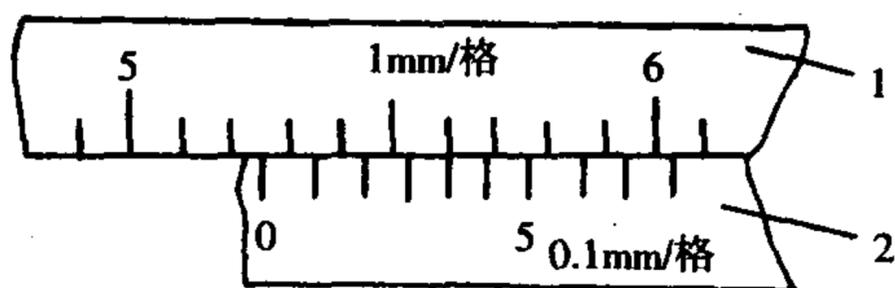


图 1-6 读数方法

1—尺身 2—游标

(2) 注意事项

①不可使用游标卡尺测量粗糙的工件表面(如铸铁等),以防磨损卡爪。

②读数时要防止视觉误差,要正视,不可斜视。

③用后,把游标卡尺放在专用盒内,不可与其他工具叠放在一起。

3. 外径千分尺

外径千分尺是一种精密量具,常用来测量导线线径。外径千分尺外形和各部分名称如图 1-7 所示。

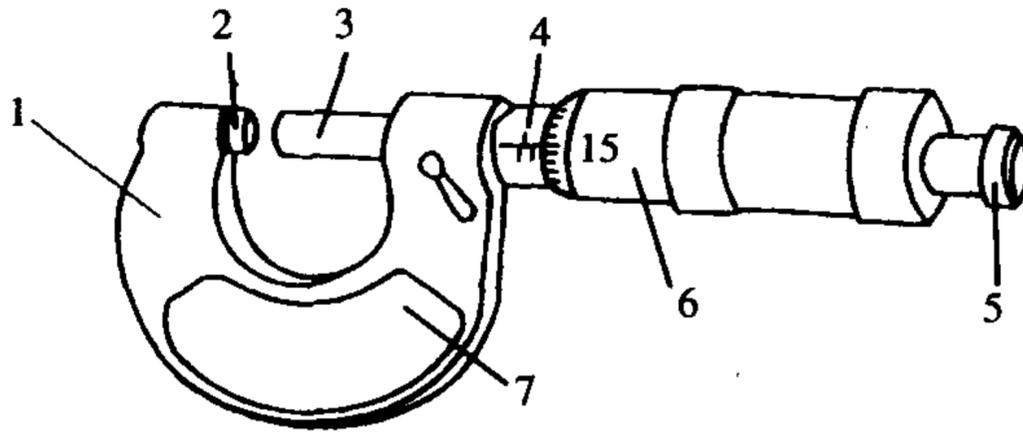


图 1-7 外径千分尺各部分名称

1—尺架 2—测砧 3—测微螺杆 4—固定套管
5—测力装置 6—微分筒 7—绝热板

在尺架上有测砧、测微螺杆与微分筒相连,顺时针转动微分筒时,测微螺杆向测砧靠近,直至接触上;反之,测微螺杆远离测砧。测量工件直径时,其尺寸大小可从两套管上的分度直接读出。读数时,从固定套筒(主尺)上读出毫米整数,再从微分筒上读出毫米小数,然后把两个数加起来,就是工件的尺寸了,如图 1-8a 所示。

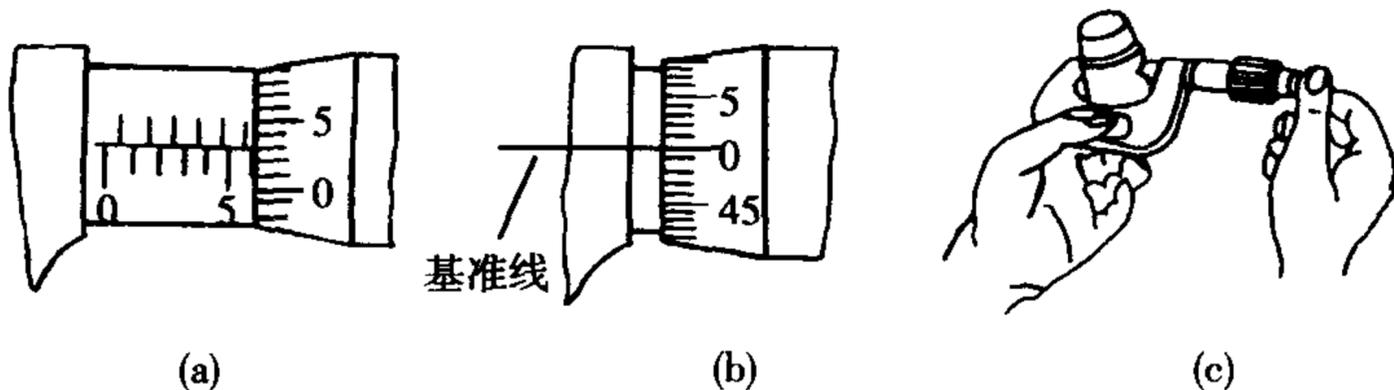


图 1-8 外径千分尺使用方法

a. 外径千分尺读数(读数:6.03) b. 外径千分尺对零 c. 外径千分尺握法

使用注意事项:

(1)使用前,要把被测表面擦干净,然后对准“0”线检查(如图 1-8b 所示)。检查时,转动棘轮,使两个测量面接合,无间隙,使基准线对准“0”位。

(2)测量时,可多测几点,取平均值。

(3)用左手拿尺架的绝缘板(避免因手湿影响测量误差),右手先转动微分筒接触工件后,再轻轻转动测力装置,当测力装置发出打滑的声音时,便可读数,如图 1-8c 所示。

4. 百分表

百分表的结构如图 1-9 所示。

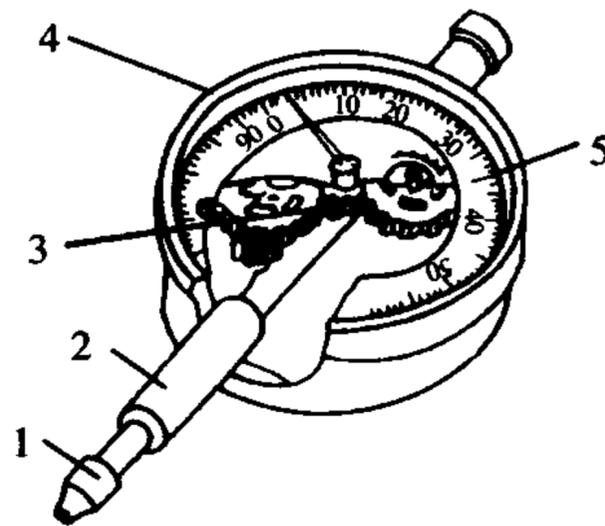


图 1-9 百分表

1—测头 2—齿条杆 3—指针齿轮 4—表圈 5—表盘

修理电机时常用百分表测量转轴、集电环、换向器等外圆尺寸和形位误差。

使用时,将百分表安装在磁性表架上,然后转动表圈 4 和连在一起转动的表盘 5,使“0”位分度线与指针对齐,就可以使用了。

测量时,应轻轻提起测头,慢慢地放在被测工件的表面上,使测头与工件接触,表针便会指出数值。比如测量转轴外圆径向跳动量时,当表针指出最大值和最小值时,两数值之差便是转轴径向跳动量。

5. 钳工常用工具

(1)手锯操作技能 手锯如图 1-10 所示。可调整的锯弓架是用来支持和固定锯条的。锯弓两端有带钩销的夹头,用来钩住锯条两头的小孔,当旋紧元宝螺母时,钩销便拉紧和固定锯条,要求锯条松紧适当,否则会使锯条发生折断。安装时应使齿尖向前,不可装反(如图 1-10 中锯条的安装方向)。

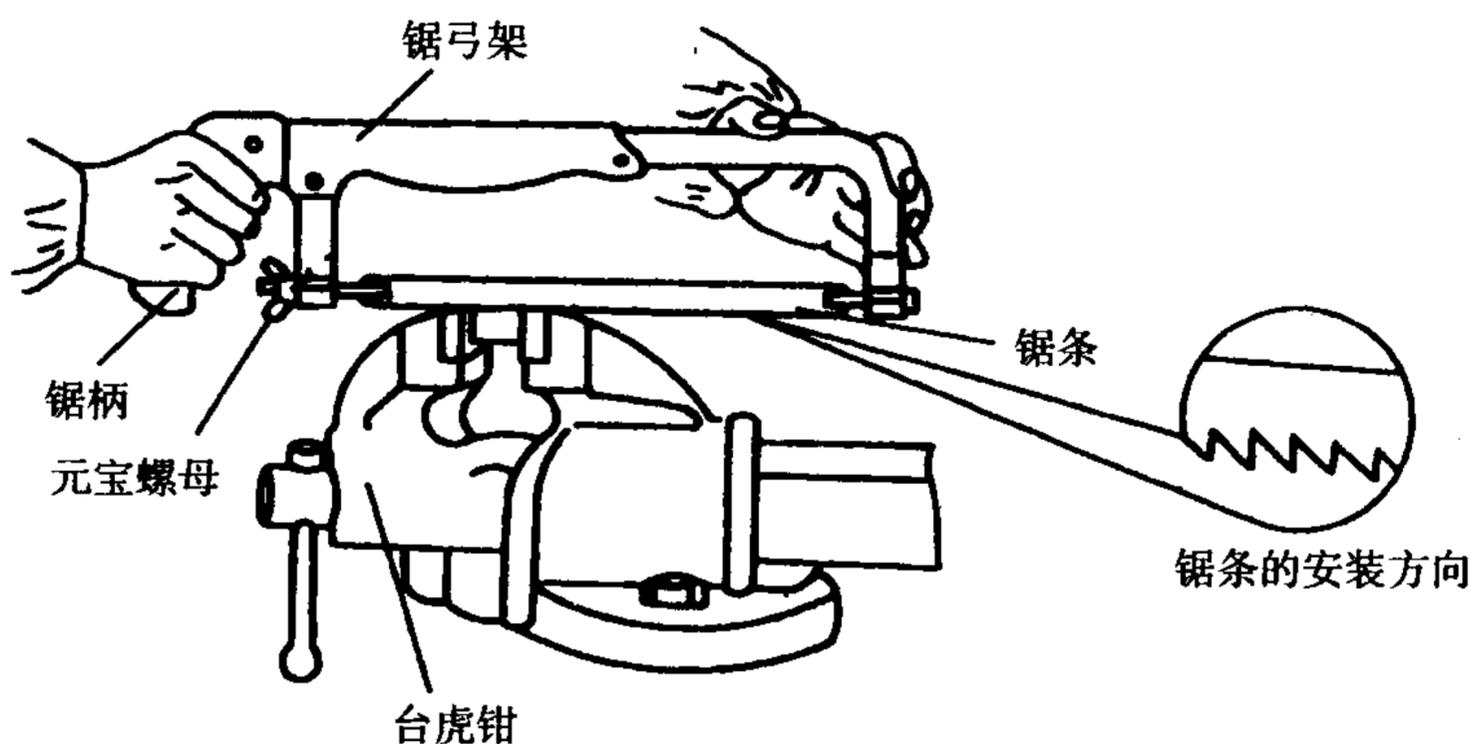


图 1-10 手工锯割

锯条有细齿、中齿、粗齿三种。锯割软性材料(铜、铝)可选用粗齿锯条;锯割硬材料(高碳钢)或薄壁工件时,宜选用细齿锯条。

开始起锯时,要轻轻推拉手锯,切入 2~3 mm 后,再正常锯割。工件要夹紧。

(2) 锉刀操作技能 电机修理常用的锉刀有平板锉、方锉、半圆锉、三角锉、圆锉等,按加工工件形状选用,如图 1-11 所示,另外还有整形锉。

① 平面锉刀削法 平面锉削有三种方法,如图 1-12 所示。

锉刀顺着锉刀长度方向向前推锉,每次锉完后平行工件的边缘依次平移,锉刀保持水平,一直完成整个平面加工。顺向锉的纹平直整齐、细微美观,适用于精加工。

交叉锉是锉纹成 45° 角进行反复锉削,此法生产效率高,适用于粗加工。

推锉如图 1-12c 所示。锉刀与工件长度方向成垂直,锉痕与工件长度方向一致。推锉特点是锉痕平直整齐,但效率低,适于加工精度高的窄平面。

② 外圆弧面锉削法 外圆弧面锉削分三步进行,如图 1-13 所示。

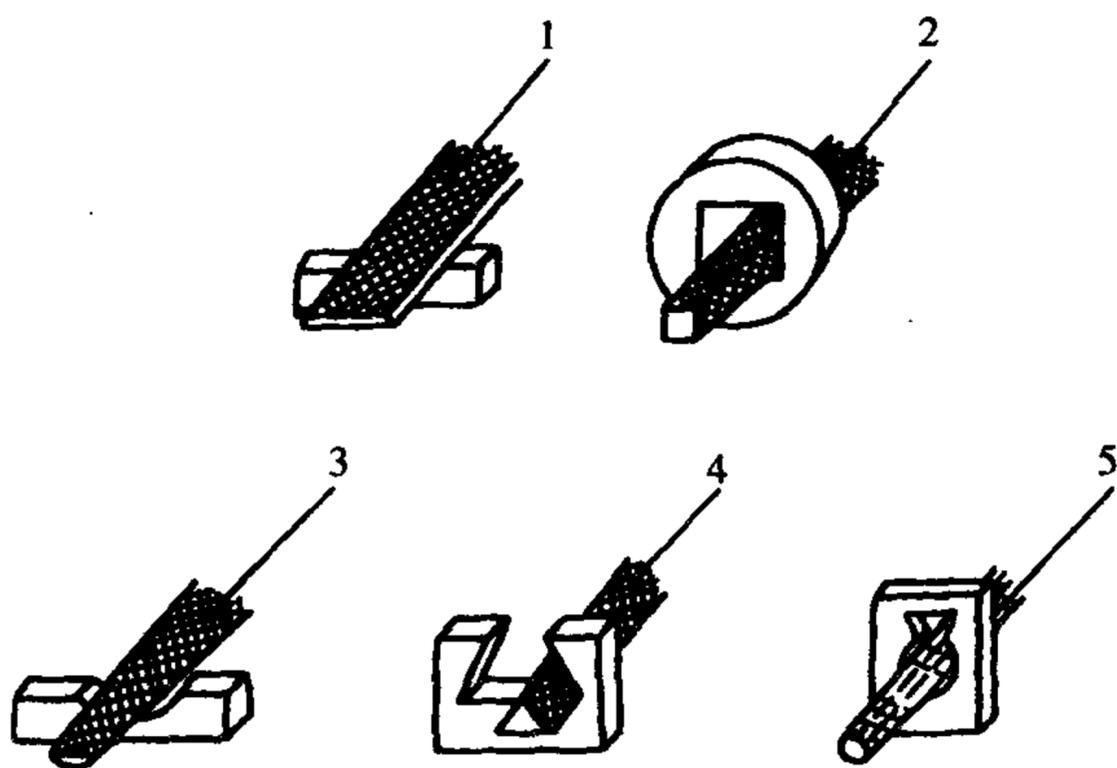


图 1-11 按工件形状选用锉刀

1—平板锉 2—方锉 3—半圆锉 4—三角锉 5—圆锉

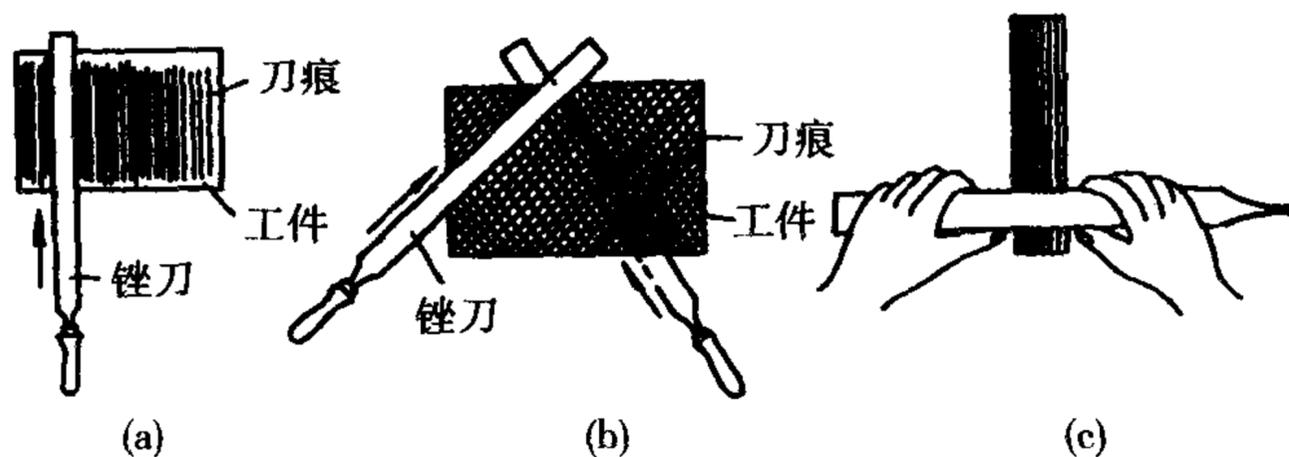


图 1-12 锉平面的方法

a. 顺向锉 b. 交叉锉 c. 推锉

粗锉后呈现出多棱柱形的圆弧面, 留出加工余量; 半精锉外圆后呈现圆弧面, 但表面粗糙; 精锉外圆后, 达到所需的圆弧面, 可用样板检查。

③ 注意事项

- ① 无手柄或手柄已坏的锉刀不许使用。
- ② 不许用嘴吹或手抹锉屑, 要用刷子刷去锉屑。
- ③ 不许把锉刀当锤子使用。
- ④ 不许用锉削淬火后淬硬的工件表面。

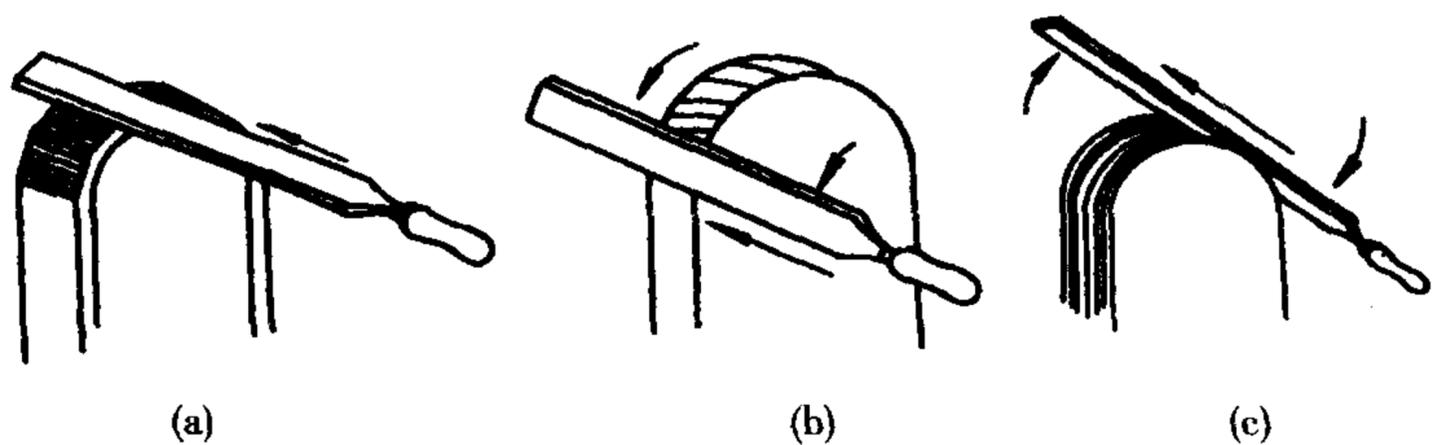


图 1-13 锉圆弧面的方法

a. 粗锉外圆 b. 半精锉外圆 c. 精锉外圆

⑥锉刀先用一面,用完后再用另一面,以免因生锈影响锉刀使用寿命。

⑦锉刀不许沾水、沾油。

⑧锉刀用后要用铁刷刷去锉刀上的铁屑。

⑨要戴手套,工件要夹紧。

(3) 錾子操作技能 錾子一般采用碳素工具钢锻成,切削部分呈楔形,经淬火热处理,硬度达 56~62HRC。

电机修理中常用的錾子有三种,如图 1-14 所示。

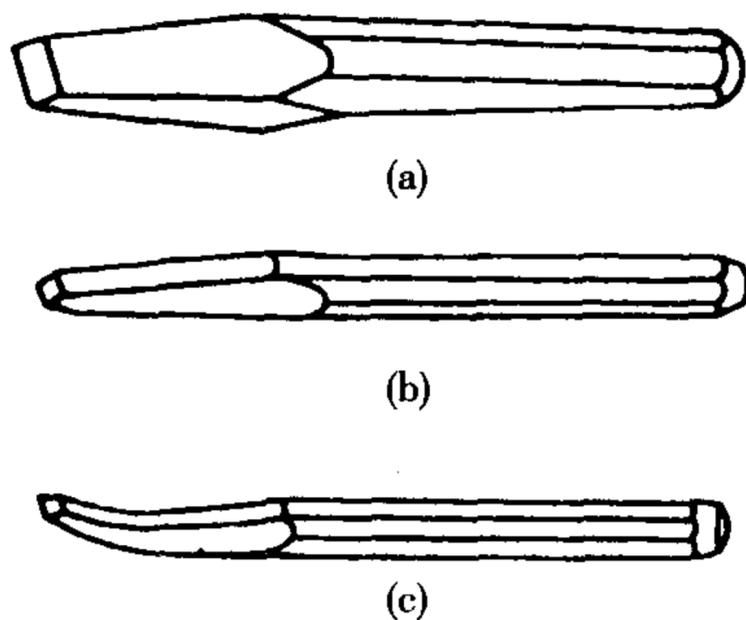


图 1-14 錾子种类

a. 平錾 b. 尖錾 c. 油槽錾

錾子楔角大小因被加工材料性能的不同而不同。软金属(铜、铝),楔角 $30^{\circ}\sim 50^{\circ}$; 钢铁,楔角 $50^{\circ}\sim 60^{\circ}$; 非常硬的铸铁,楔角 $60^{\circ}\sim 70^{\circ}$ 。

① 錾削直槽 选用尖錾分几次錾至所需深度。第一次錾削深度在 0.5 mm 左右,以后逐渐加深錾削。

② 錾削平面 要先錾出几条工艺直槽,然后再继续錾削。錾削快结束时,要把工件反过来,在背面錾削,以防工件边缘崩裂。

③ 錾切薄板料 将板料夹在台虎钳上,板料欲切断的画线与台虎钳的钳口对齐,然后用平錾沿钳口成 45° 角方向自右向左进行錾削。

④ 錾削注意事项

① 錾子刃口要锋利,錾子尾部有飞边时要及时去掉。

② 锤子的手柄要安装牢靠,挥锤的对面不要站人。

③ 錾削的切屑用刷子刷除,不可用手抹、嘴吹。

④ 锤击錾子时,要看錾刃和工件,不要看錾尾(如图 1-15 所示)。初学者因怕锤击手,易犯此毛病。

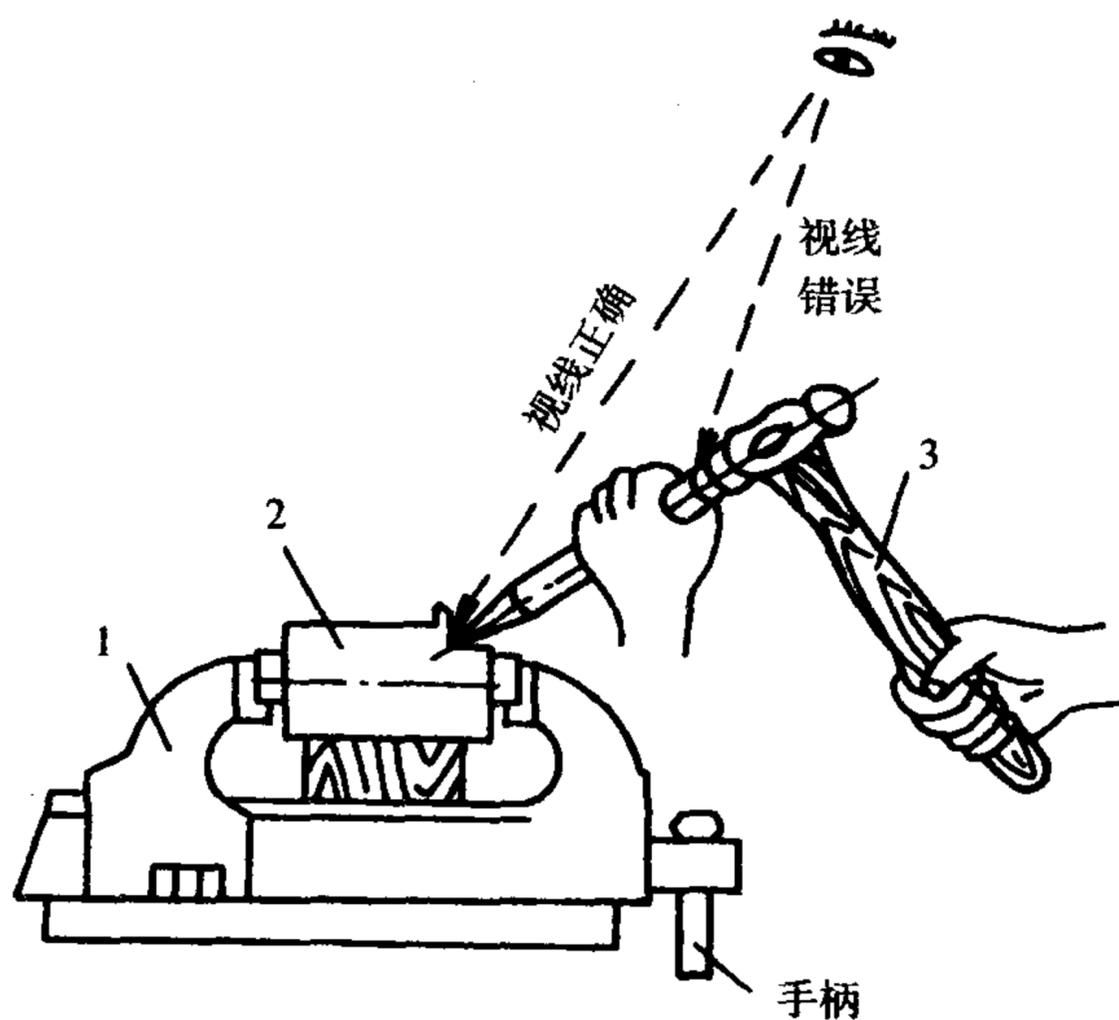


图 1-15 錾削方法和视线的要求

1—台虎钳 2—工件 3—锤子

(4) 攻螺纹和套螺纹操作技能 丝锥在孔的内表面切出内螺纹,

叫攻螺纹。板牙在圆棒的外表面切出外螺纹,叫套螺纹。

安装丝锥和板牙的操作工具是铰刀,如图 1-16 和图 1-17 所示。

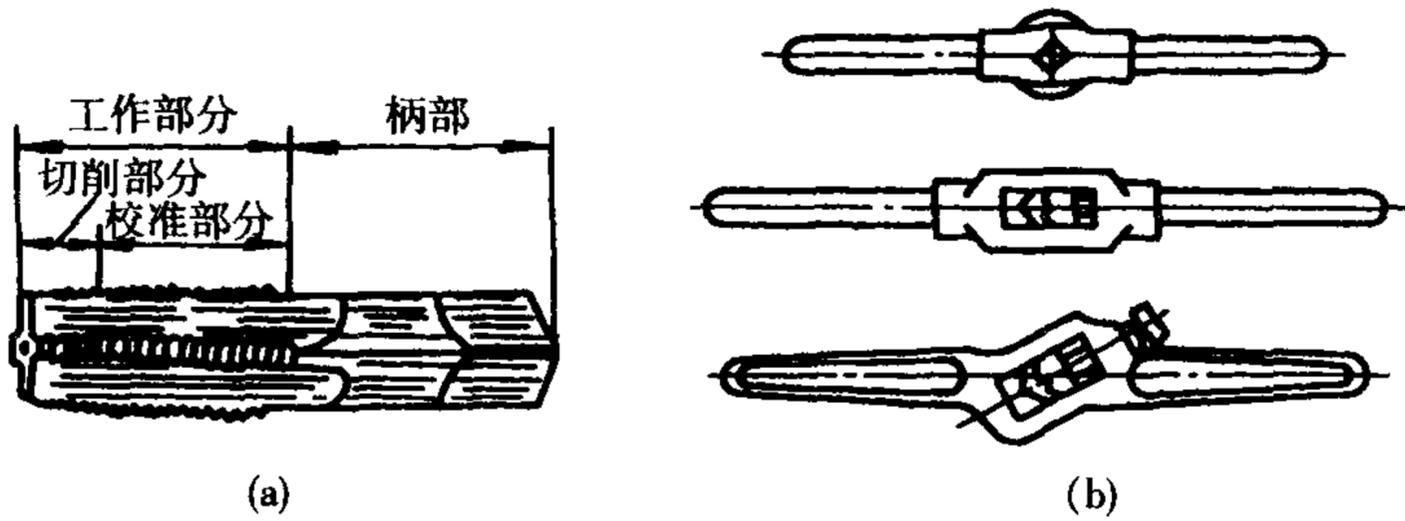


图 1-16 丝锥和攻螺纹铰刀

a. 丝锥 b. 攻螺纹铰刀

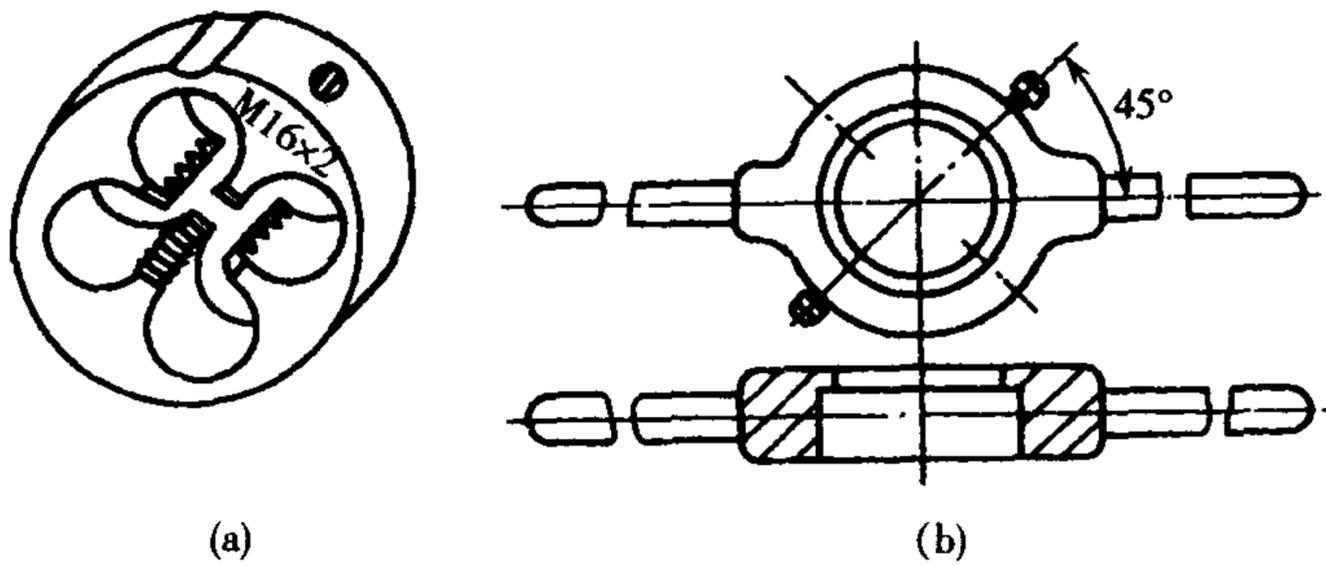


图 1-17 板牙和板牙铰刀

a. 板牙 b. 板牙铰刀

①攻螺纹操作技能 在工件上攻螺纹前要先钻孔,钻孔的钻头直径与要求的公称直径和工件材料有关。

对于钢材和塑性较大的材料,钻头直径按下面公式计算:

$$\text{钻头直径} = \text{螺纹的公称直径} - \text{螺距}$$

对于铸铁和塑性较小的材料,钻头直径按下面公式计算:

$$\text{钻头直径} = \text{螺纹的公称直径} - (1.05 \sim 1.1) \text{螺距}$$

【例 1-1】要求在普通碳素钢材的工件上攻螺纹,螺纹的公称直径为 12 mm,求钻头直径。

钻头直径 = 公称直径 - 螺距 = 12 mm - 1.5 mm = 10.5 mm

螺距选用 1.5 mm, 也可选用 1.75 mm、1.25 mm、1 mm, 按实际需要确定, 选用 10.5 mm 钻头。

【例 1 - 2】要求在非铸铁件上攻螺纹, 公称直径 12 mm、螺距 1.5 mm, 求钻头直径。

$$\begin{aligned} \text{钻头直径} &= \text{公称直径} - (1.05 \sim 1.1) \text{螺距} \\ &= 12 \text{ mm} - (1.575 \sim 1.65) \text{ mm} \\ &= 10.425 \sim 10.35 \text{ mm} \end{aligned}$$

取 10.4 mm 的钻头钻孔。

钻孔前, 要在孔口倒角, 目的是使丝锥便于切入和防止螺纹崩牙。

将丝锥插入孔内时, 要求放正丝锥, 螺纹的中心线应与工件表面垂直, 然后对丝锥加压, 如图 1 - 18 所示。必要时用直角尺检查其垂直情况。无问题后, 丝锥切入到 3~4 牙后, 不再加压和强行校正, 只需转动铰刀攻螺纹。要求每转一圈左右要将丝锥退回半圈, 目的是切断铁屑, 以免堵塞, 损坏螺纹和丝锥。

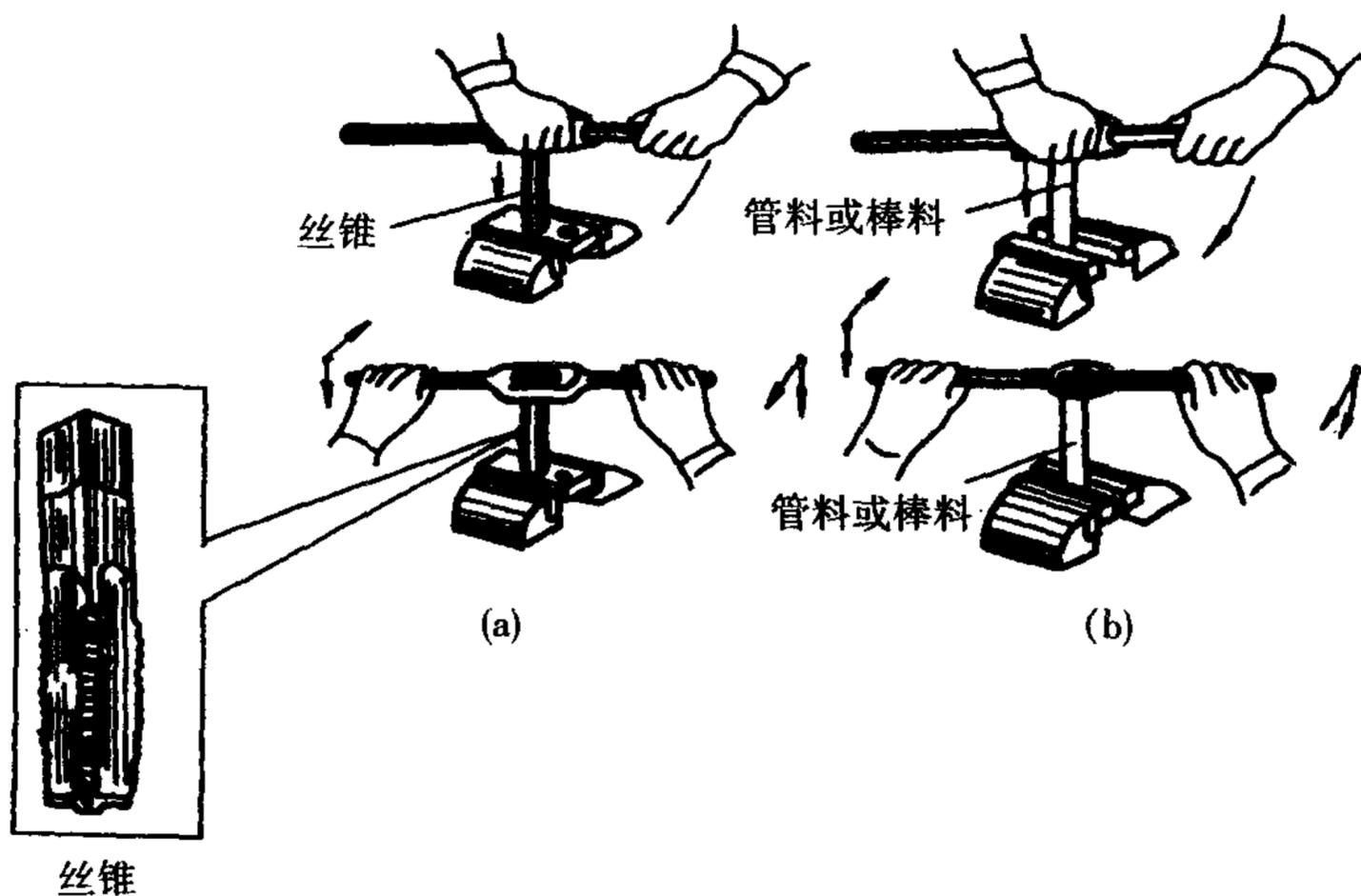


图 1 - 18 攻螺纹和套螺纹的操作姿势

a. 攻螺纹操作姿势 b. 套螺纹操作姿势

加工塑性材料时,可加切削液。

②套螺纹操作技能 套螺纹工具是采用板牙和板牙铰刀,如图 1-18 所示。首先要确定套螺纹毛坯直径(即棒料或管料直径),可按下面公式计算出毛坯直径:

$$\text{毛坯直径} = \text{外螺纹公称直径} - 0.13 \text{ 螺距}$$

【例 1-3】要求在直径为 12 mm 的圆钢棒上加工出 M12 的外螺纹,试计算毛坯直径(已知螺距为 1.75 mm)。

$$\text{毛坯直径} = (12 - 0.13 \times 1.75) \text{ mm} = 11.77 \text{ mm}$$

毛坯螺杆直径选取 11.75~11.9 mm。把已有的直径为 12 mm 的钢棒加工成 11.75~11.9 mm 的圆钢棒,顶端切成 30°~40°的圆锥,固定好之后便可以进行套螺纹了。

要求板牙的端面与毛坯轴线垂直,以防乱牙。板牙开始切入时,略加轴向力(图 1-18),慢慢转动板牙,待切出螺纹时,就不要再加轴向力了。套螺纹过程要经常使板牙反转,以便断屑和排屑,以提高套螺纹质量和延长工具寿命。

(5)其他工具

①划针和划线盘 如图 1-19a 所示。作立体划线和校正工件用。

②样冲 如图 1-19b 所示,用作工件的划线或在圆心上冲小冲眼,有时也用作原始记录的标记。

③划规 如图 1-19c 所示,用来划圆、划等分线和找正中心。

④90°角尺 如图 1-19d 所示。用来检测工件的直角度,如攻螺纹时,要求丝锥与工作表面垂直,可用它检查。

⑤扁铲 如图 1-19e 所示。用来铲断旧导线以及无纬带之用。

除上述之外还有锤子、大锤、千斤顶、方箱、扳手(活络扳手、固定扳手、内六角扳手等)、撬棍、塞尺等。

6. 卷线工常用工具

(1)线压子(压脚线、压线板) 线压子如图 1-20a 所示,用来嵌线时压紧槽内导线,便于槽绝缘封口和打入槽楔之用,用钢板做成。

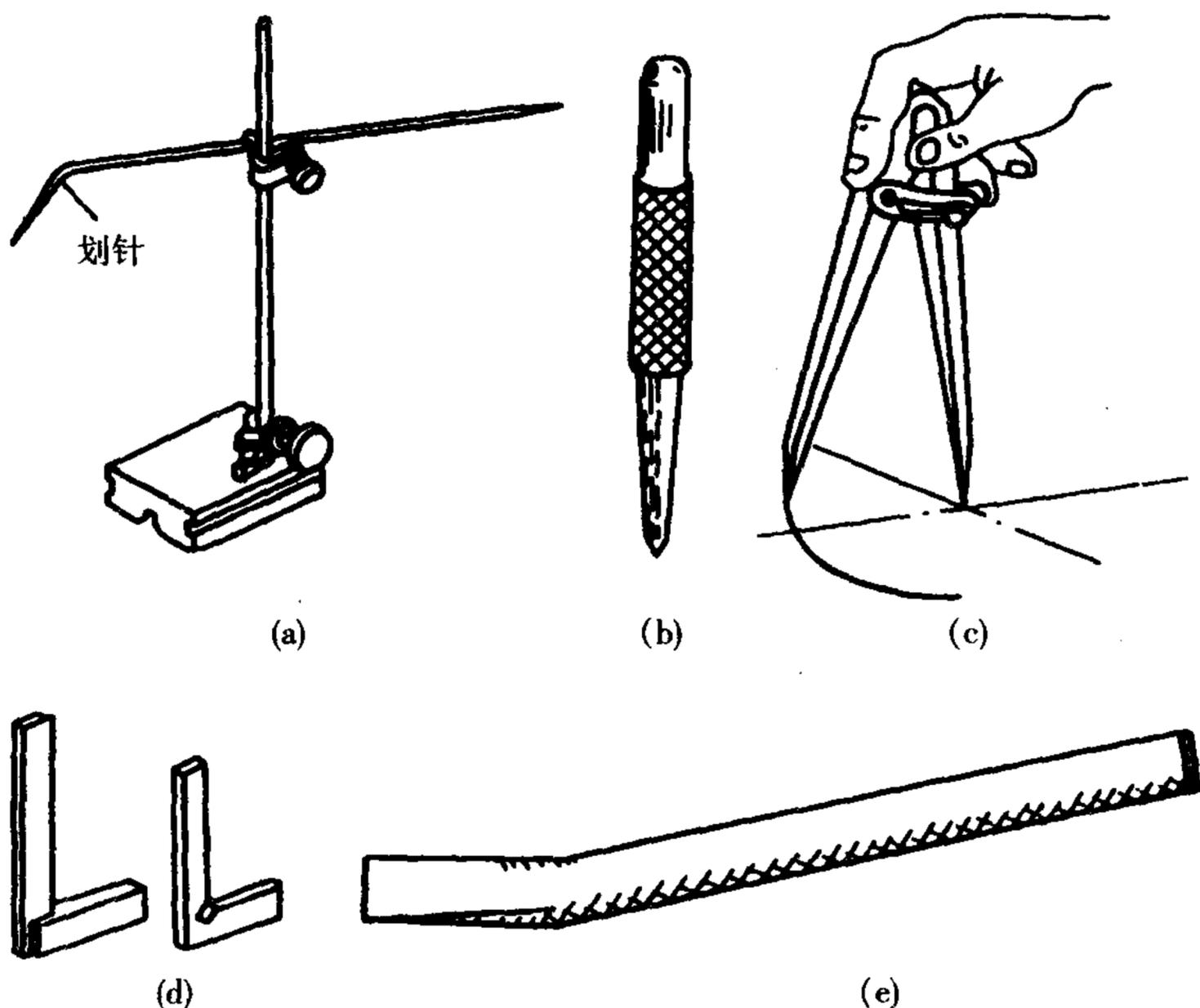


图 1-19 钳工常用工具

a. 划线针和划线盘 b. 样冲 c. 划规 d. 90°角尺 e. 扁铲

要求线压子的边缘用锉刀倒圆、光滑,以免刮破绝缘。

(2)划线板 也叫滑线板、理线板,如图 1-20b 所示。一般用层压玻璃布板制造。其用途是嵌线时用它把槽绝缘分开使导线入槽口,另外用它把槽内导线理顺,不可交叉。要求划线板端部光滑。

(3)清槽锯和清槽钢丝刷 其作用是专为清理槽内残余绝缘用的,如图 1-20c 和 1-20d 所示。

(4)打板 打板是用硬木做的,供整理线圈端部成喇叭口所用;刮线头绝缘工具是用来刮除导线外包绝缘用的,如图 1-20e、1-20f 所示。

(5)螺钉旋具 螺钉旋具又叫改锥、起子,有一字旋具、十字旋具、夹柄旋具和多用旋具。作为电机修理用时,要求这些旋具的柄部材料具有较好的绝缘性能,如塑料柄比较好。

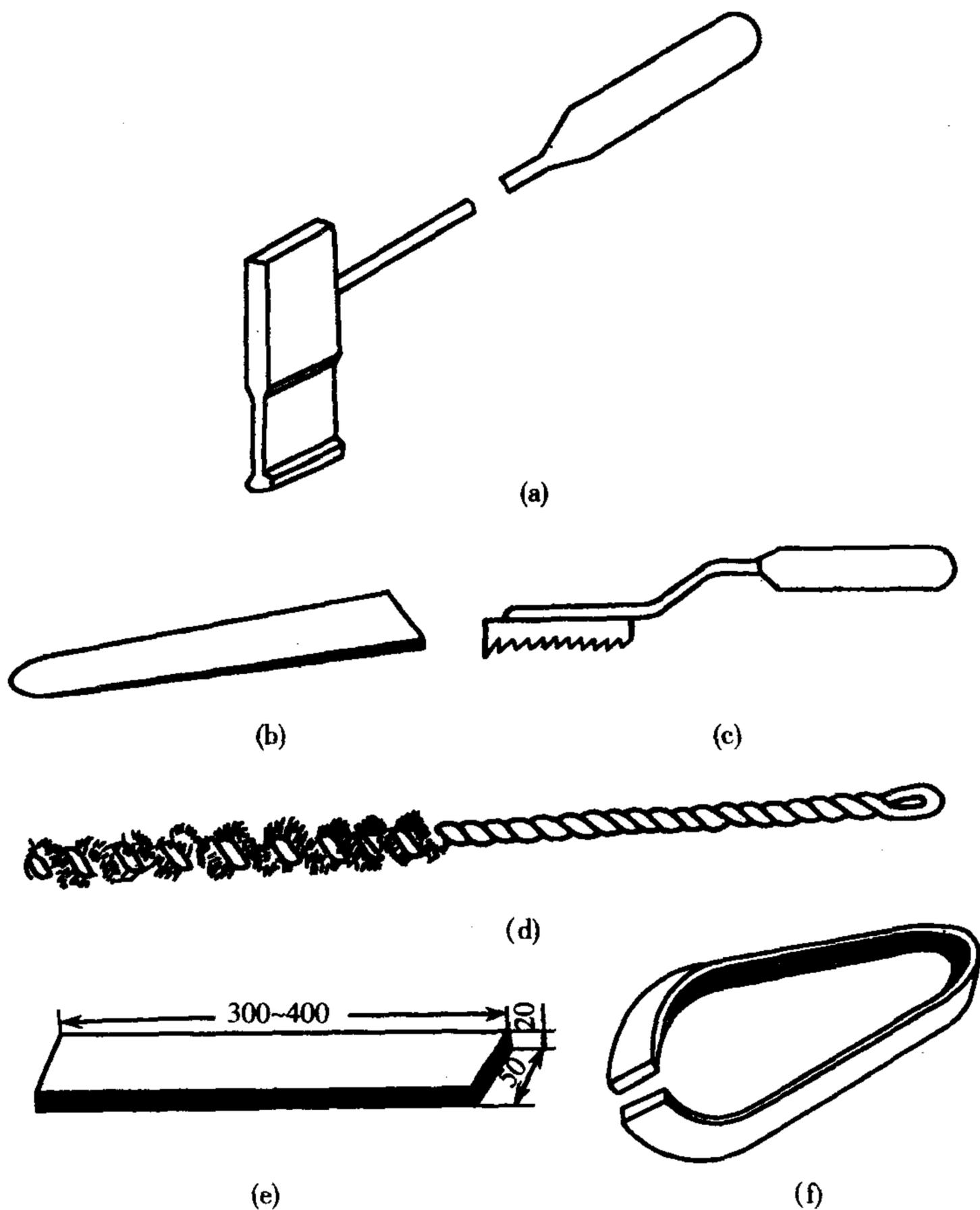


图 1-20 卷线工常用工具

a. 压线板 b. 划线板 c. 清槽锯 d. 清槽钢丝刷 e. 打板 f. 刮线头绝缘工具

(6) 钳子 有钢丝钳、尖嘴钳、扁嘴钳、剥线钳、断线钳等。其中有特殊用途的是尖嘴钳，可用作整理换向器升高片形状；扁嘴钳是矫正变形的扁铜线用的；剥线钳用来剥去电缆线外包橡胶绝缘等。

(7) 试灯 试灯的电源可用电池，也可用 220 V 交流电源，通过两支测试笔和串联灯泡组成这种简单、直观的检验工具。这种工具

都是由修理人员自行制造的。

(8) 短路侦察器 短路侦察器也叫开口变压器, 可用来检查绕组短路故障和笼型转子断笼故障。图 1-21 是小型可调的短路侦察器原理图。

可调开口变压器, 它可以根据转子直径大小和齿距不同, 调节张开角 α 和三个铁芯的高度, 从而使变压器铁芯表面与转子铁芯表面接触紧密。

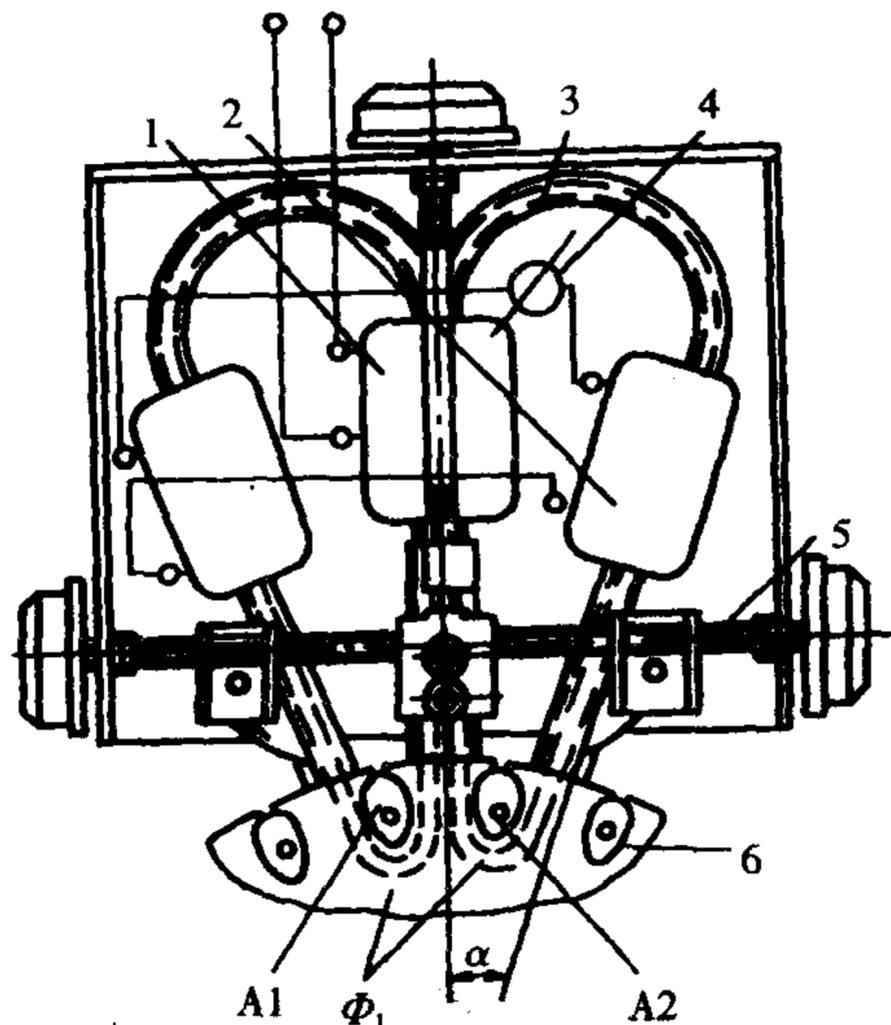


图 1-21 可调的短路侦察器

- 1—励磁线圈 2—测量线圈 3—冷轧钢带
4—毫伏表 5—可调螺杆 6—转子铁芯

开口变压器铁芯可用 0.1 mm 厚的冷轧钢带做, 中间的铁芯柱上套入励磁线圈, 采用 $\phi 0.29$ mm 高强漆包线, 绕 4000 匝 (按转子大小设计)。当线圈通入单相交流电压 220 V 时, 在铁芯柱中建立磁通 ϕ_1 。两侧铁芯柱上套入导线截面积相同 ($\phi 0.15$ mm 高强度漆包线)、匝数相等 (均为 4000 匝) 的两个测量线圈, 并将两线圈反向连接, 然后串入高阻抗的整流式毫伏表。

如果笼条 A1、A2 正常,则线圈中感应电动势大小相等,方向相反。毫伏表指示便指出电压差。

除上述介绍之外,还有电烙铁、火烙铁、电工刀、剪刀、喷灯、锡焊钳工具、大电流发生器等。

二、电机维修常用仪表及器具

1. 检电笔

检电笔又称试电笔、测电笔,是用来检查低压带电设备是否有电的一种安全用具,其检查范围在 60~500 V,为了携带方便常做成钢笔式和旋凿式的,如图 1-22 所示。检电笔通常是由氖管、电阻、弹簧和笔身部分组成。当被测体带电时,氖管发光,表示有电。

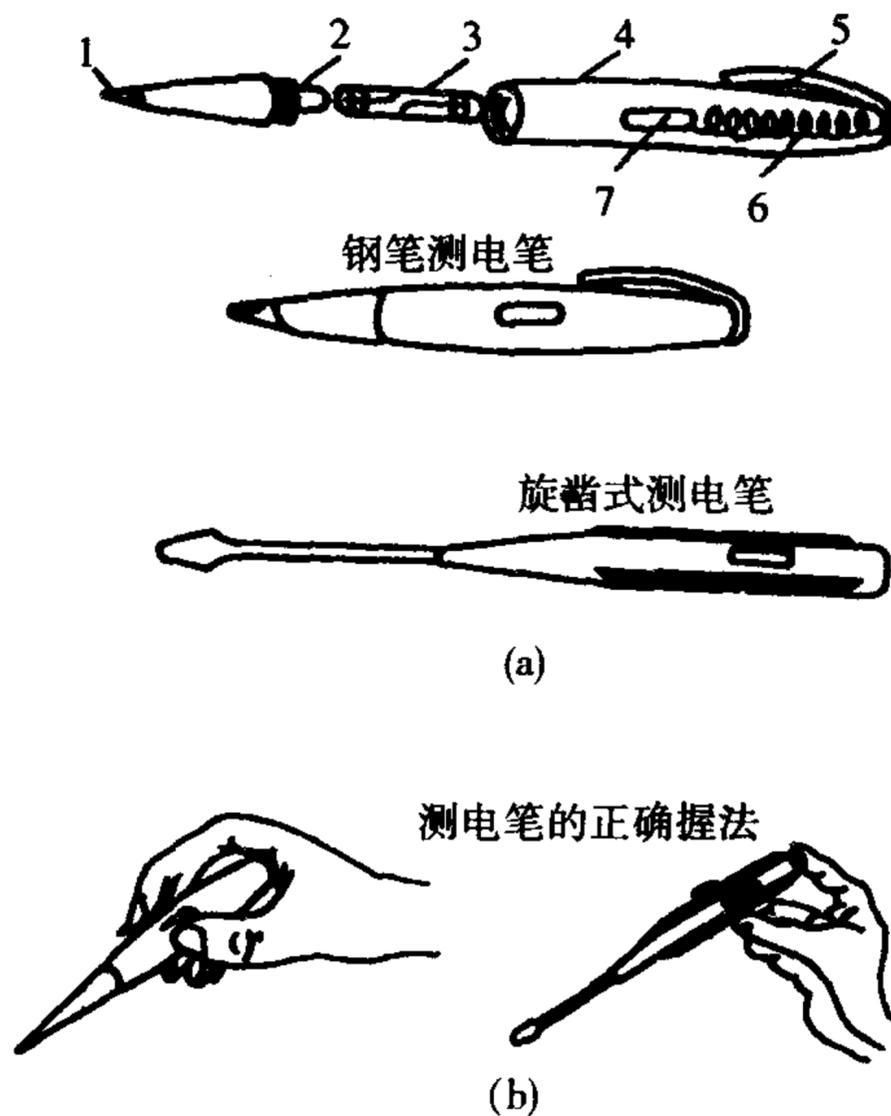


图 1-22 检电笔结构及使用方法

a. 检电笔结构 b. 检电笔的正确握法

1—笔尖的金属体 2—电阻 3—氖管 4—笔身
5—笔尾的金属体 6—弹簧 7—小窗

使用时一定要用手指或手掌压在检电笔的铜笔夹或铜铆钉上,

否则即使有电,氖管也不亮,容易造成安全事故。使用时可以把检电笔在带电的插座上试一下,以验证电笔是完好的。用此验证过的检电笔测试时,可用笔尖划磨几下测试点,如果不发光,就确认被测体不带电。

2. 绝缘电阻表

绝缘电阻表俗称摇表,也叫兆欧表,是电机修理中常用的测量电机绝缘电阻的仪表。电机额定电压在 500V 以下的可选用 500 V 绝缘电阻表,如选用 ZC25 - 3 型的。电机额定电压高于 500 V,选用 1 000 V(ZC11 - 4 型)和 2 500 V(ZC11 - 5 型)的绝缘电阻表。

使用前要检查绝缘电阻表是否正常,为此要做一次“开路”和“短路”检查试验。做“开路”试验时,是将绝缘电阻表的 L、E 接线端钮隔开(“开路”),如图 1 - 23a 所示,用右手摇动手柄,左手拿表的接线端钮,并用左手掌按住表,以防摇动手柄时仪表晃动,使测量不准。当表的指针指向“ ∞ ”处,说明“开路”试验合格。再把表的两个接线端钮 L、E 合在一起(短路),如图 1 - 23b 所示,缓慢摇动手柄,指针应指向“0”处。如果摇几下,指针便指零,要马上停止摇动手柄,因为已经表明此表的“短路”试验合格,如果再继续摇下去,会损坏仪表的。

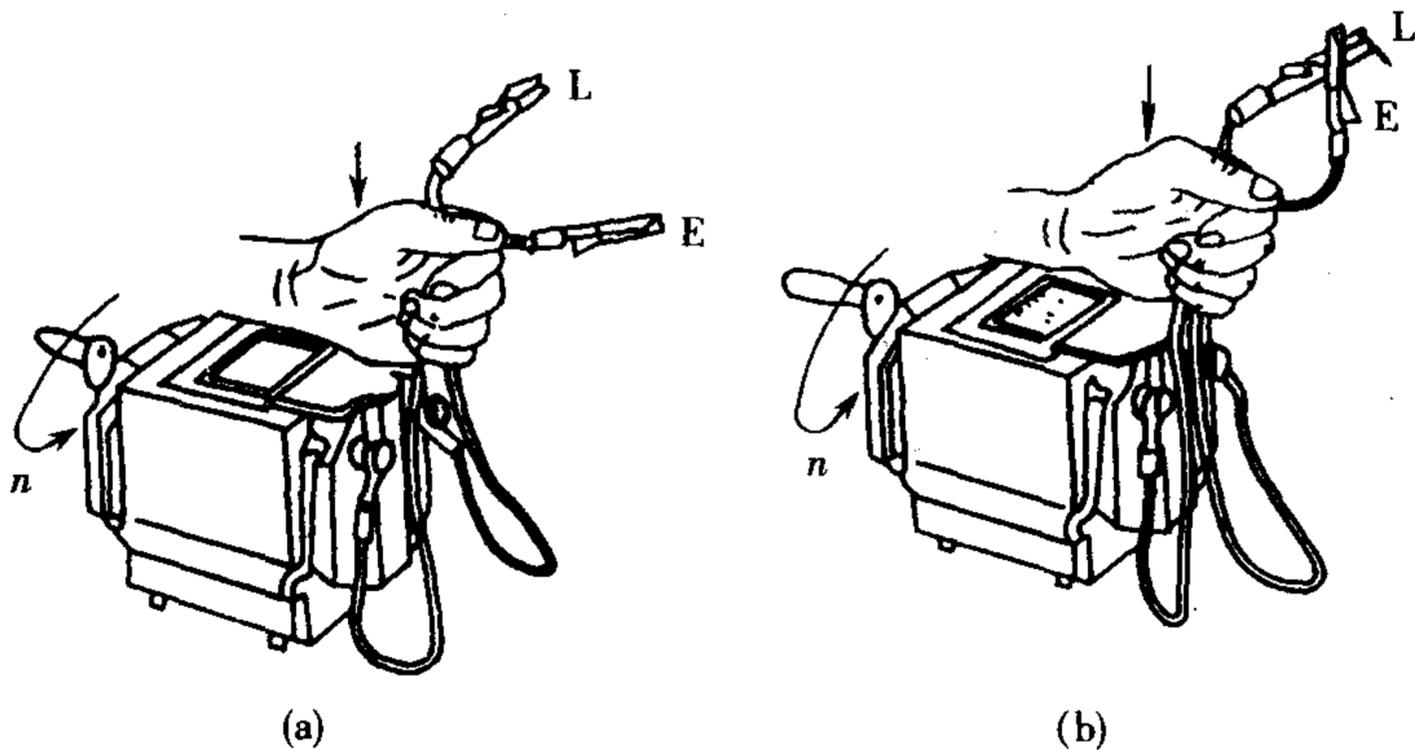


图 1 - 23 绝缘电阻表使用前的检查

a. 检查开路情况 b. 检查短路情况

如果上面的两个检验不合格,则说明绝缘电阻表异常,需修理好之后再使用。

使用时的注意事项:

(1)必须在被测电器、电机断电的情况下进行测量,并且在测前要对被测设备充分放电。

(2)绝缘电阻表要放在平稳的地方,摇动手柄时,要用另一只手扶住表,以防表身摆动而影响读数。

(3)摇动手柄时应先慢然后渐快,控制在 $120 \text{ r/min} \pm 24 \text{ r/min}$ 的转速,当表针指示稳定时,切忌手摇动的速度忽快忽慢,以避免指针摆动。一般摇动 1 min 时被作为读数标准。

(4)测量完毕后,应先将连线端钮从被测物移开,再停止摇动手柄。测量后要将被测物对地充分放电。

3. 钳形电流表(卡表)

钳形电流表是由“穿心式”电流互感器和电流表组成,它可以不需断开电路直接测量线路电流,其结构如图 1-24 所示。

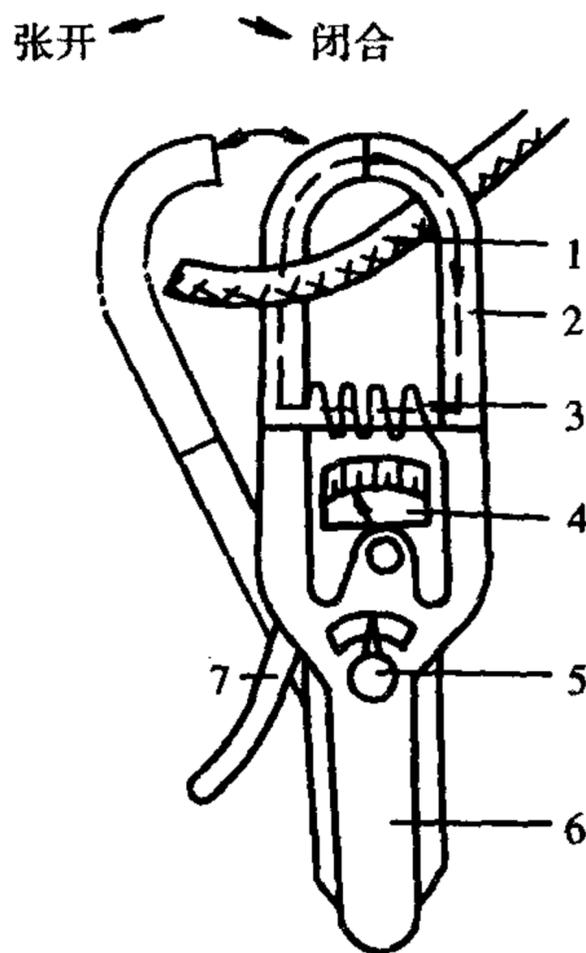


图 1-24 钳形电流表

1—载流导线 2—铁芯 3—二次绕组 4—表头 5—量程转换开关 6—胶木手柄 7—扳手

使用时,只要握紧铁芯开关(扳手),使钳形铁口张开(图中虚线所示),让被测的载流导线卡在钳口中间,然后放开扳手,使钳形铁口闭合,则钳形电流表的表头指针便会指出导线中的电流值。国产 T—30C 型、MG4 型的钳形电流表只能测交流电流,而国产的 MG20、MG21 型的能交、直流两用。

使用注意事项:

(1)测前,先估计一下被测电流值在什么范围,然后选择好量程转换开关位置(一般有 10 A、25 A、75 A、100 A、250 A 挡)。或者先用大量程测量,然后逐渐减少量程以适应实际电流大小的量程。

(2)被测载流导线应放在钳口中央,否则会产生较大误差。

(3)保持钳口铁芯表面干净,钳口接触要严密,否则测量不准。

(4)测完后,调到最大电流量程上,以防下次测量时损坏仪表。

4. 多用电表

一般多用电表(俗称万用表)可以测量交、直流电压、直流电流和电阻,有的多用表还可以测量交流电流、电感和电容。多用表的盘面如图 1-25 所示。

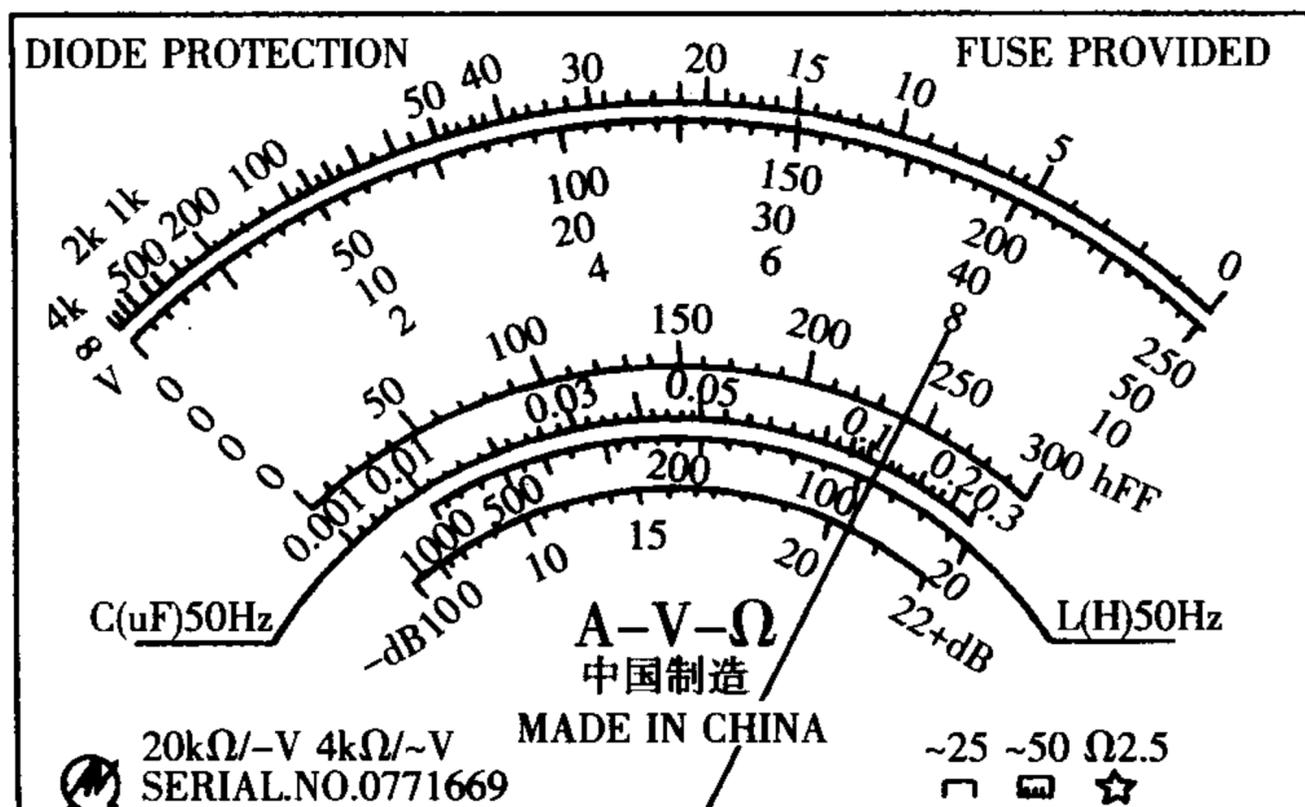


图 1-25 多用表盘面图

使用前,要检查指针是否在零位,如果不在零位,可用螺钉旋具

调整表头上的机械调零旋钮,使指针对准刻度,如图 1-26 所示。

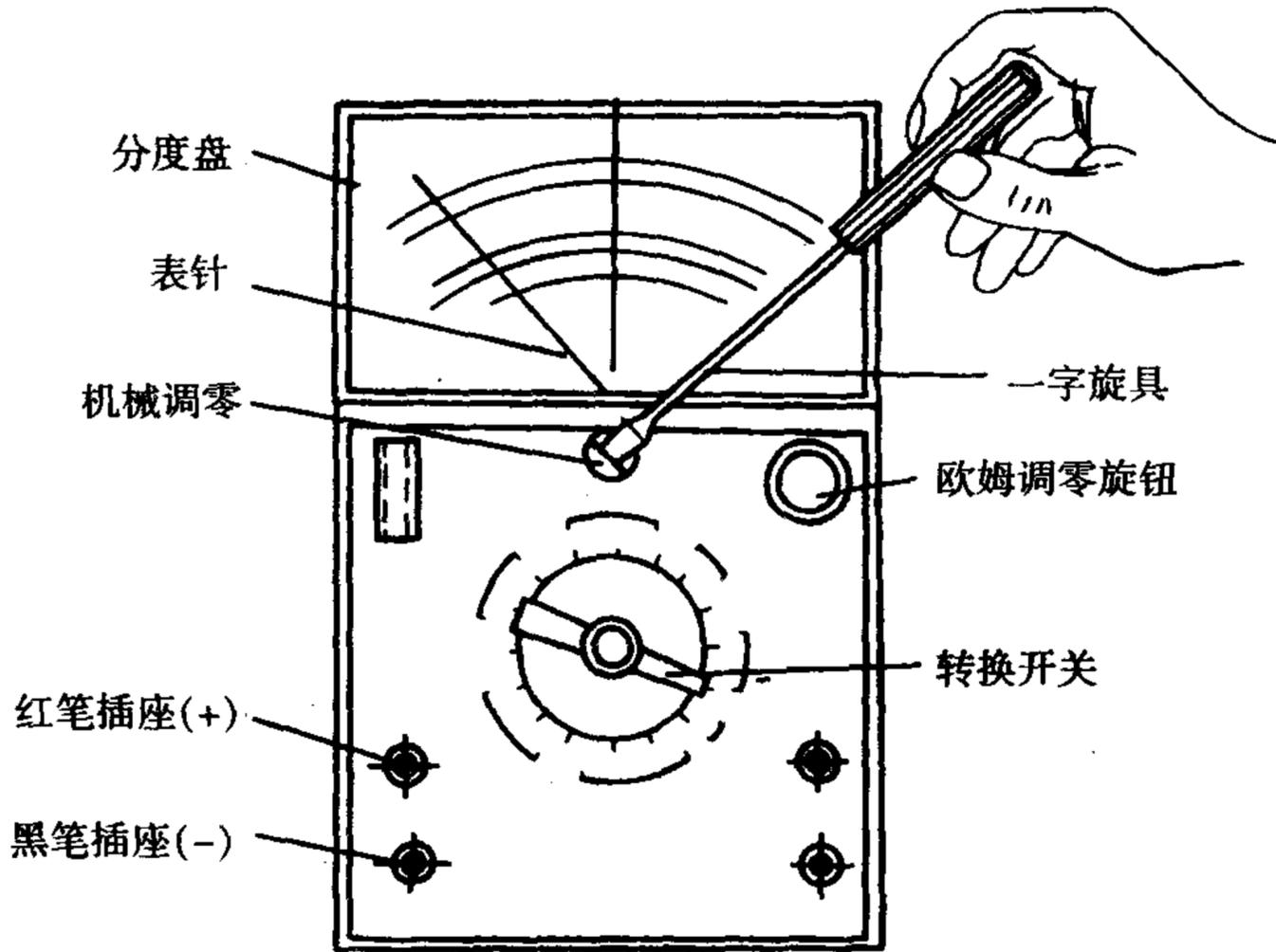


图 1-26 多用表调零示意图

使用注意事项:

(1)测量的挡位要正确

如测量交流电压时,先将转换开关拨到 \tilde{V} 挡;如测量直流电压时,则拨至 \underline{V} 挡上。测量直流时,要注意表笔的极性,不可搞错。

测量电阻时,要把转换开关拨到 Ω 挡上,先将两只表笔短接调零,然后再将两表笔搭在被测电阻元件的两端。仪表指针指出的数值乘上转换开关的倍率,便是被测元件的电阻值。

(2)接线要正确

测量直流电流时,把转换开关拨到直流电流挡上,再把多用表笔接在被测电路中,让电流从红表笔流入,从黑表笔流出,接反则仪表被损坏。

(3)不可带电转换量程。

(4)不可在带电情况下进行电阻测量。

(5)每次测量后,要将转换开关拨到交流电压最高的一挡,以防

别人误用,损坏仪表。

5. 转速表

转速表是测量电机或其他设备转速的一种常用仪表。

使用转速表时,要把分度盘转到所需的测量范围,图 1-27 中所示是测量 1000 r/min 以下的转速(如 8 极电机)。

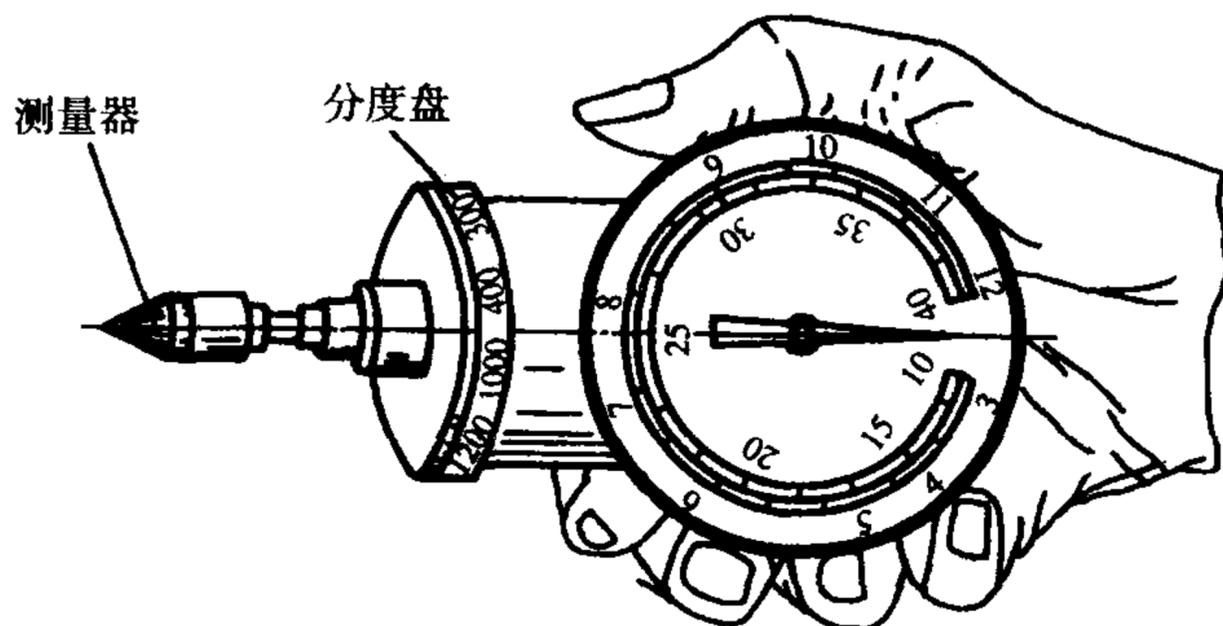


图 1-27 用手端握转速表的姿势

测量方法是用手端平转速表,表盘朝上,将测量器(橡胶头)插入转轴的顶螺纹孔内,要用力适中,在表盘上给出被测设备的转速。

6. 电流表

按被测的电流大小选择电流表的量程,使量程大于被测的电流值。要求电流表指针工作在满量程分度的 $2/3$ 区域为宜。电流表与负载要串联连接。测量直流电流时,可选用磁电式电流表,灵敏度较高。在测量交流电流时,只能选用电磁式或电动式电流表。

测量直流电流时,要注意让电流从表的“+”极性端钮流入。

7. 电压表

按被测电压大小选择电压表量程,电压表量程应大于被测值。电压表与负载并联连接,即并接在被测电路的两端。测量直流电压时,要注意表头线钮和正负极性。测直流电压时,要选用磁电式电压表,而电磁式和电动式电压表虽然可交直流两用,但没有磁电式灵敏度高。

三、电机维修常用设备及自制工具

1. 砂轮机

电机修理中需要磨钻头、铰子以及其他工具等，常备有砂轮机，如图 1-28 所示。

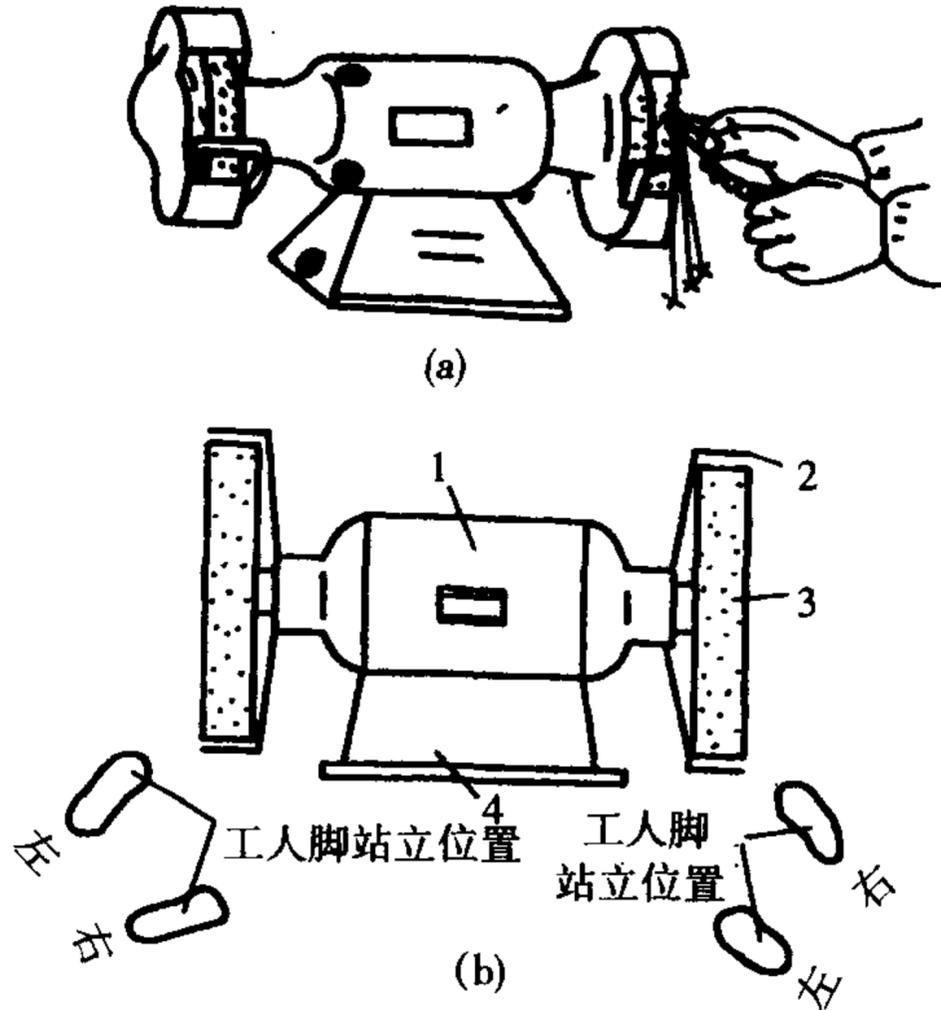


图 1-28 砂轮机及其操作方法

a. 在侧面操作 b. 工人两脚站立位置

1—电动机 2—防护罩 3—砂轮 4—座架

使用之前，要检查砂轮片固定的是否牢靠，有无裂纹，否则不能使用。如确定砂轮机正常，在磨工件之前要戴好眼镜或者砂轮机本身带有的防护罩。不准将身体正对砂轮片，应在侧面操作（见图 1-28a）。先合电闸让砂轮机空转，达到转速要求后才开始磨工件。用后要及时切断电源。

安装砂轮片时，要注意紧固螺母的拧紧方向与砂轮旋转方向相反。

2. 钻床

钻床有台式钻床、立式钻床和摇臂钻床等，用以对工件进行钻

孔、扩孔、铰孔和攻螺纹等操作。台式钻床如图 1-29 所示。

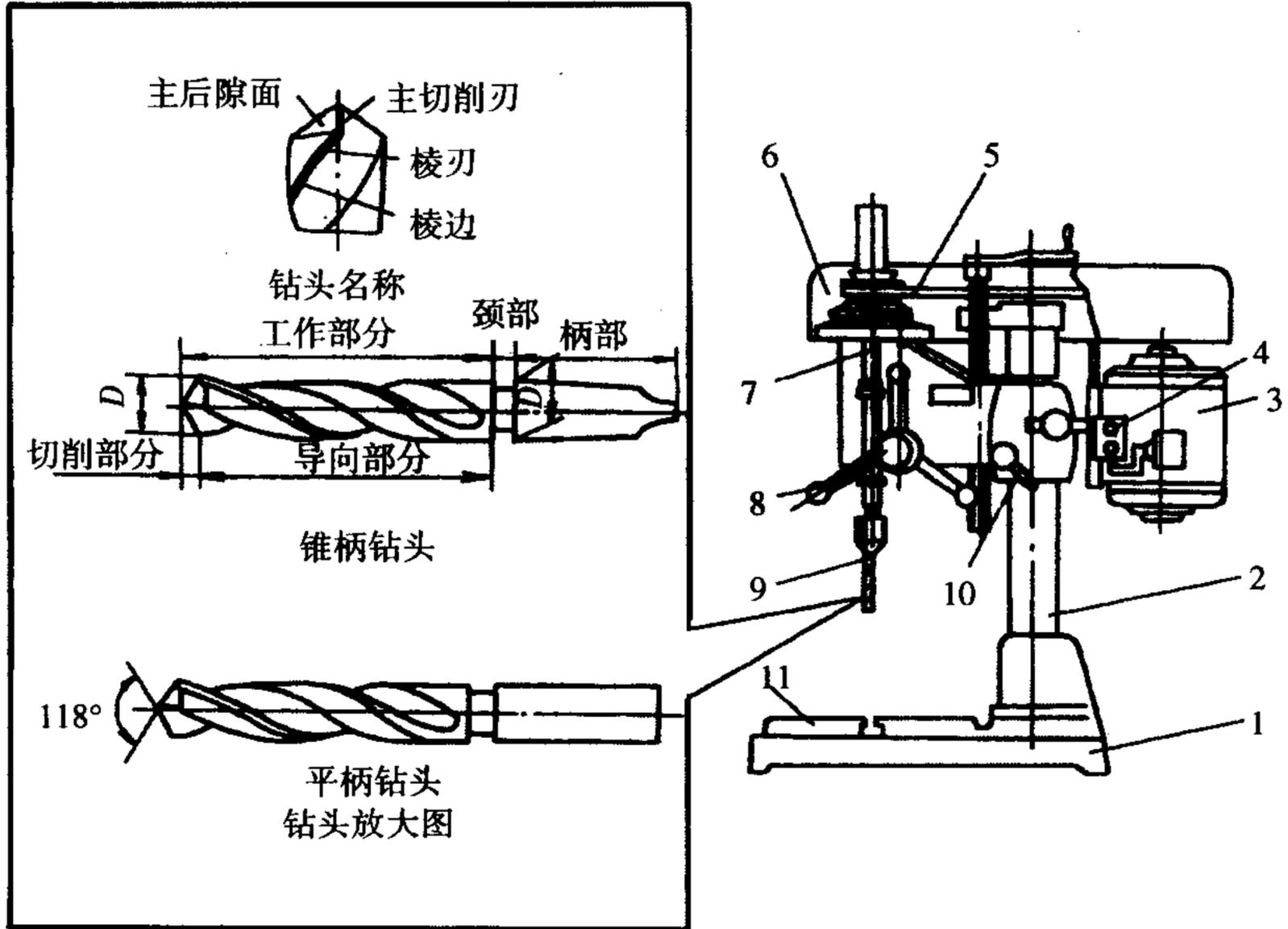


图 1-29 台式钻床

1—底座 2—立柱 3—电动机 4—电源开关 5—传动带 6—传动带罩子
7—主轴架 8—钻头送进手柄 9—钻头 10—锁住手柄 11—工作台

(1) 操作要点

①用钻头的横刃对准样冲打出中心眼，先试钻一个小锥坑，检查不偏斜时才能正式钻孔。

②钻孔时，在即将钻穿时要用小进给量；钻深孔时，要经常提起钻头排除切屑。

③钻大孔担心钻床功率不够时，可先钻出小孔，然后更换大直径钻头再钻大孔。

④钻钢材时，可用 3%~5% 的乳化液进行冷却；钻铸铁工件时，可用切削液。

⑤用后要及时切断电源，清理干净。

(2) 安全注意事项

- ①使用钻床之前,要空转一下,确认钻床运转正常才可进行操作。
- ②工件和钻头要卡紧,不可有转动或移动现象出现。
- ③工作时不准戴手套,头发长的操作者要戴上工作帽。
- ④不准在运转时更换传动带或换挡。
- ⑤钻屑要用刷子清除,不可用嘴吹或手抹。
- ⑥装卸钻头时,要用专用工具——钥匙,不可用扁铲。更换钻头时,一定在停机时进行。

3. 绕线机

绕线机是专门绕制线圈用的设备,图 1-30 是小型绕线机外形图。

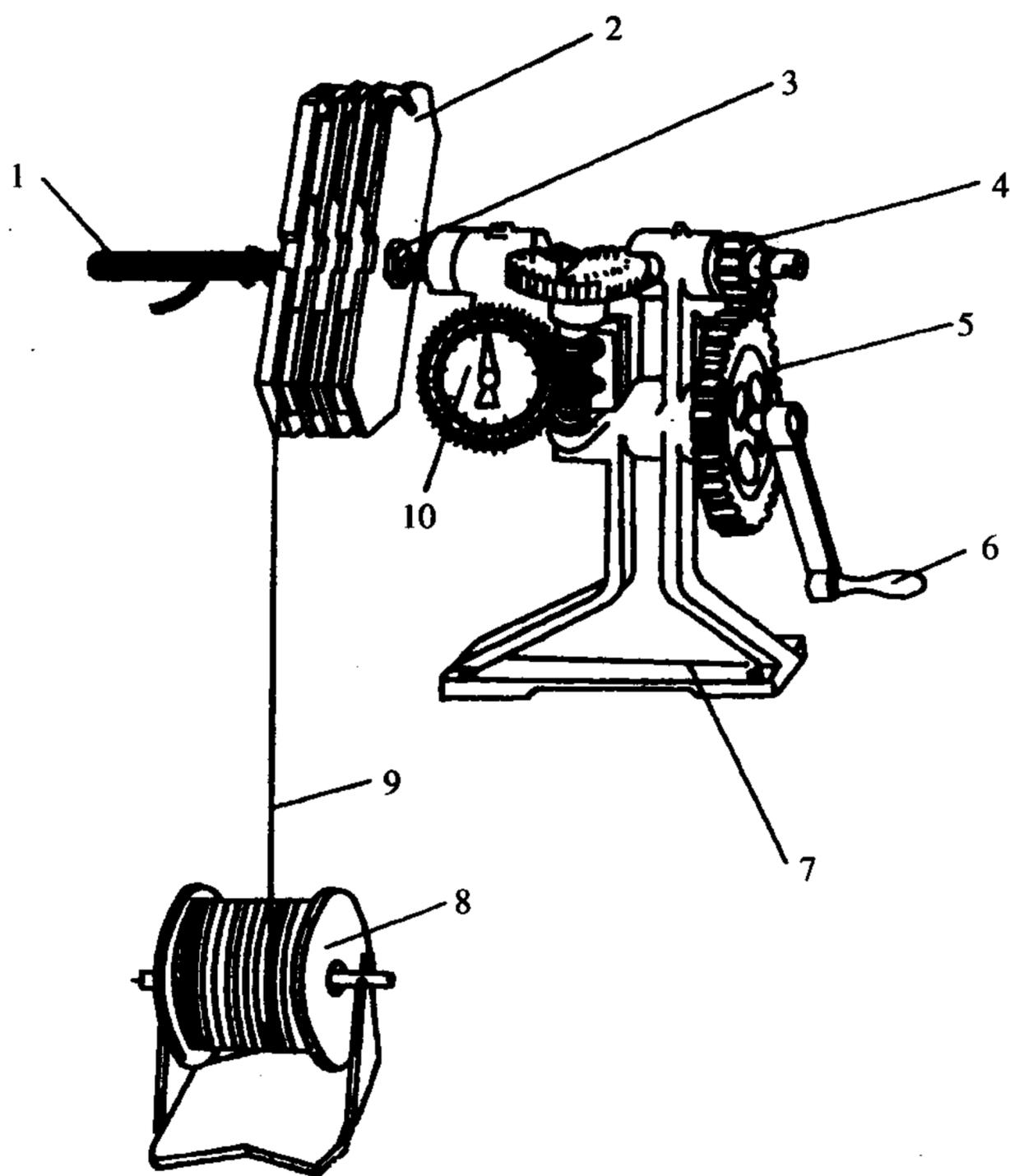


图 1-30 小型绕线机

- 1—主轴 2—绕线模 3—螺母 4—小齿轮 5—大齿轮
6—手柄 7—底座 8—放线架 9—导线 10—计圈器

操作时,用手摇动手柄,大齿轮转动带动小齿轮转动(转速比为1:4或1:8),小齿轮带动主轴转动。绕线模是用两端紧固螺母固定的。另外有一垂直丝杠带动计圈器齿轮,使计圈器的指示与齿轮转速相对应,从而记录线圈的匝数。绕线时,导线从放线架上抽出,其一端固定在绕线模的一端,便可开始绕线。

操作注意事项:

(1)注意导线的拉力要适当,不可过大过小。

(2)绕线时精神要集中,线圈匝数要正确。

(3)线匝要排列整齐。

(4)绕线机要定期加润滑油。工作完毕要切断电源,清理干净,绕线机要保持清洁。

4. 台虎钳

台虎钳在使用前要检查是否良好,锁紧螺钉不可松动。台虎钳外形及各部件名称如图1-31所示。使用台虎钳的注意事项:

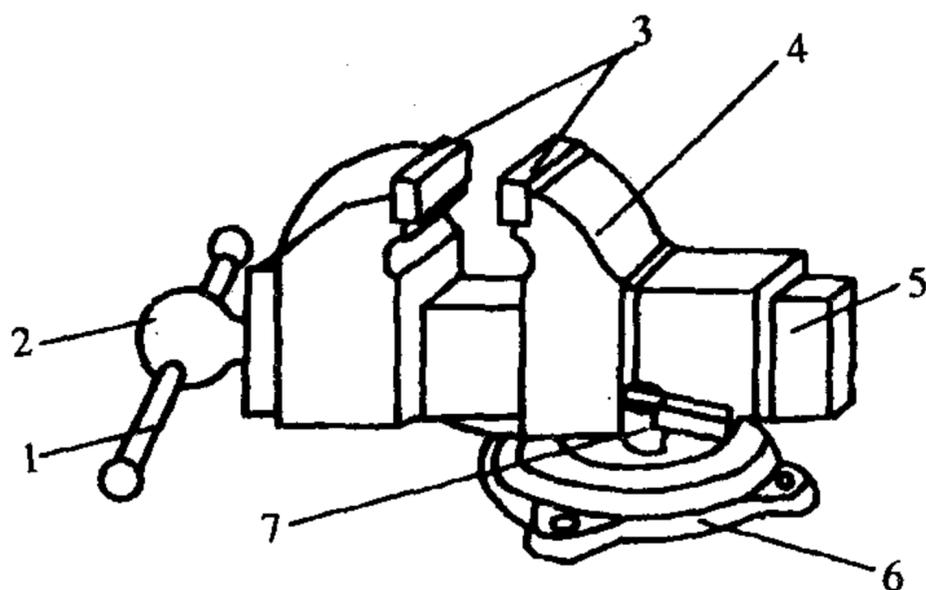


图 1-31 台虎钳

1—手柄 2—丝杠 3—钳口 4—固定钳身
5—活动钳身 6—锁紧螺钉 7—底座

(1)使用前要将台虎钳清理干净,检查各部件是否齐全。

(2)用手转动手柄夹紧工件时,不可用锤子敲打手柄,以防损坏丝杠和钳身。

(3)台虎钳相对滑动部位要定期加润滑油保养。

5. (自制)拆轴承和联轴器工具

图 1-32 是某厂自制的拆轴承和联轴器工具。

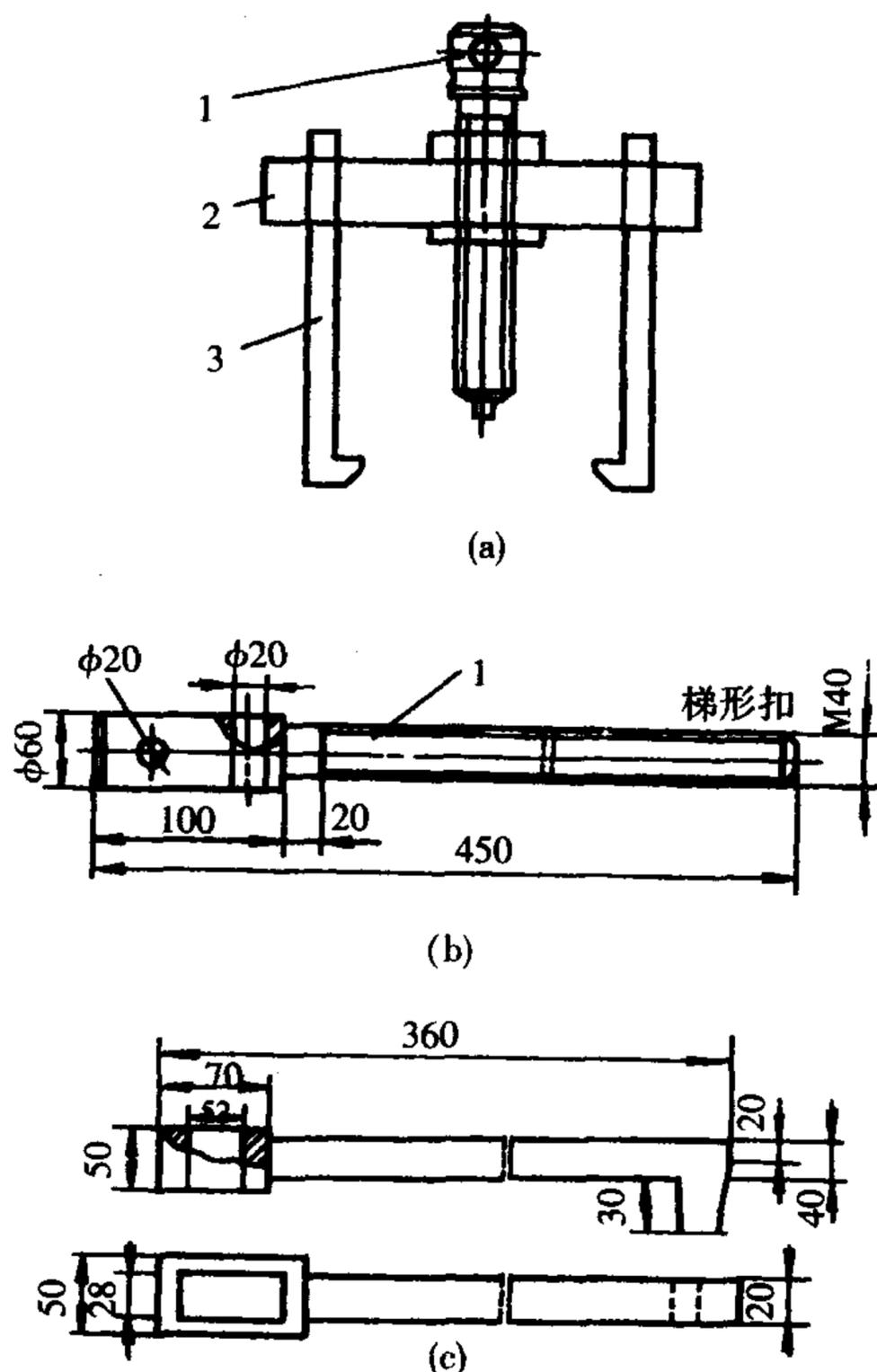


图 1-32 拆轴承和联轴器的工具

a. 外形图 b. 螺杆 c. 左右拉钩

1—螺杆 2—支臂 3—拉钩

螺杆采用梯形扣,旋转螺杆的 $\phi 20$ mm 孔要有两个,并且是相互成 90° (互相垂直),不要只用一个,因为操作不方便(图 1-32b)。

制造时,要注意拉钩的强度,因为往往在拆除电机时应强度不够而变形,从而使轴承或联轴器受力不均被拆坏。左、右拉钩尺寸要一致(图 1-32c)。以上材质可使用 45 中碳钢经锻造处理。

6. L形吊装工具

转子重量低于 30 kg 时,可直接用手抽出转子,重量较重的中小型电机,修理单位常使用 L 形吊装工具,可以吊 1 000 kW 以下的电机转子,比较方便,可一次将转子抽出或转入机座内。

起吊时要求转子重心与专用的 L 形吊装工具的悬点重合。图 1-33 为吊装工具装配图及加强板的零件图。此工具的具体尺寸适合一般中小型电机使用,如果电机结构和重量不同,可参考此图自行制作。

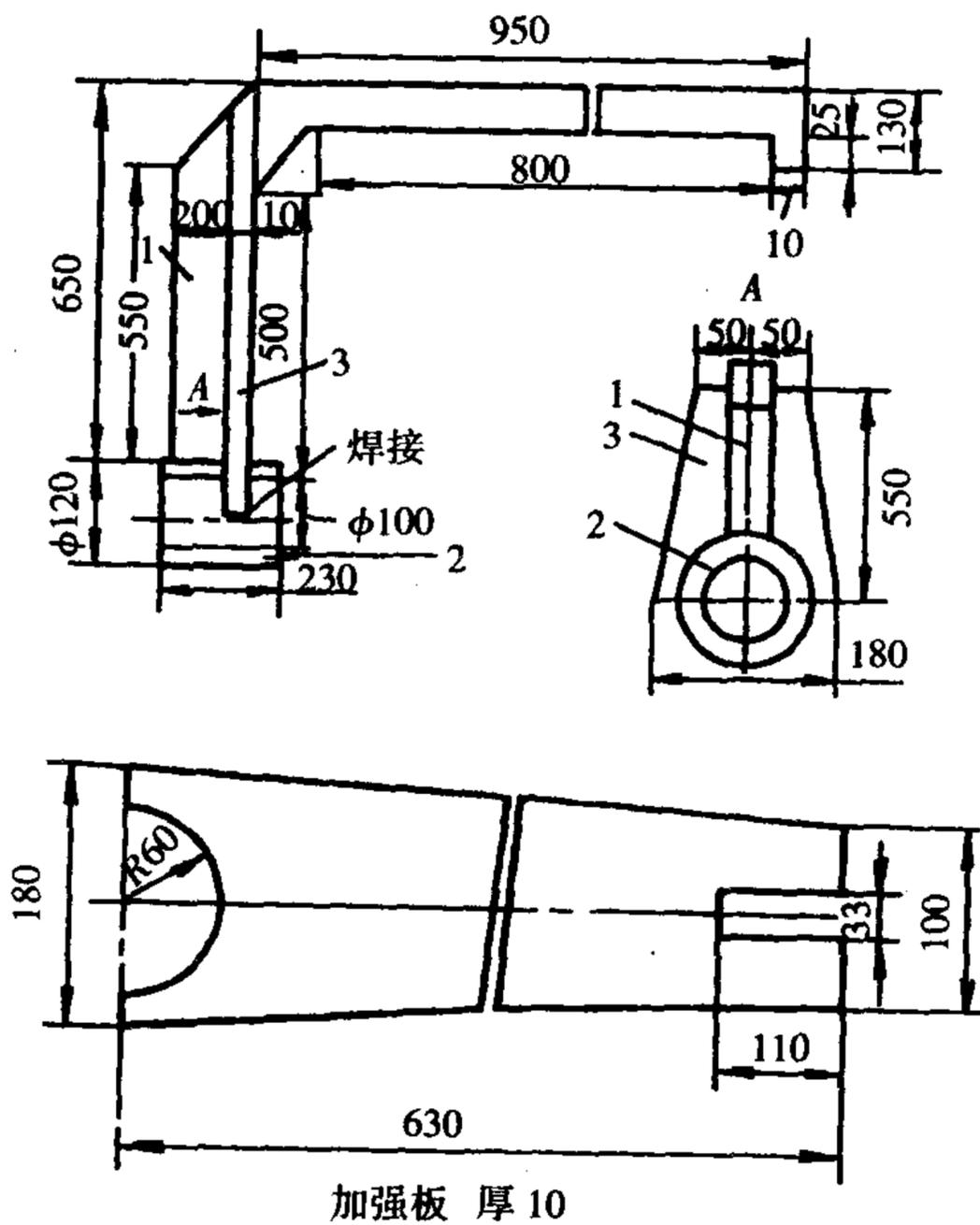


图 1-33 吊装工具装配图

1—L 形钢板 2—钢管 1.0 mm 厚 3—加强板

套转子轴头的孔是 $\phi 100$ mm, 根据电机轴头实际直径,可在 $\phi 100$ mm 孔内垫入金属片,使直径适合电机轴头尺寸。工具整体是

焊接结构,受力大的部位要焊上加强板,如图 1-33 所示。

采用这种吊装工具的优点是能保证转子在轴向移出时不会碰撞定子铁芯。在使用时,要防止吊装时转子摇摆,在吊运过程中需要用手扶住转子。

7. 简易压力机

缺少压力机的修理单位,常利用旧料自行制作简易压力机。现介绍自制的简易压力机的结构和具体尺寸。图 1-34 是简易压力机结构图。

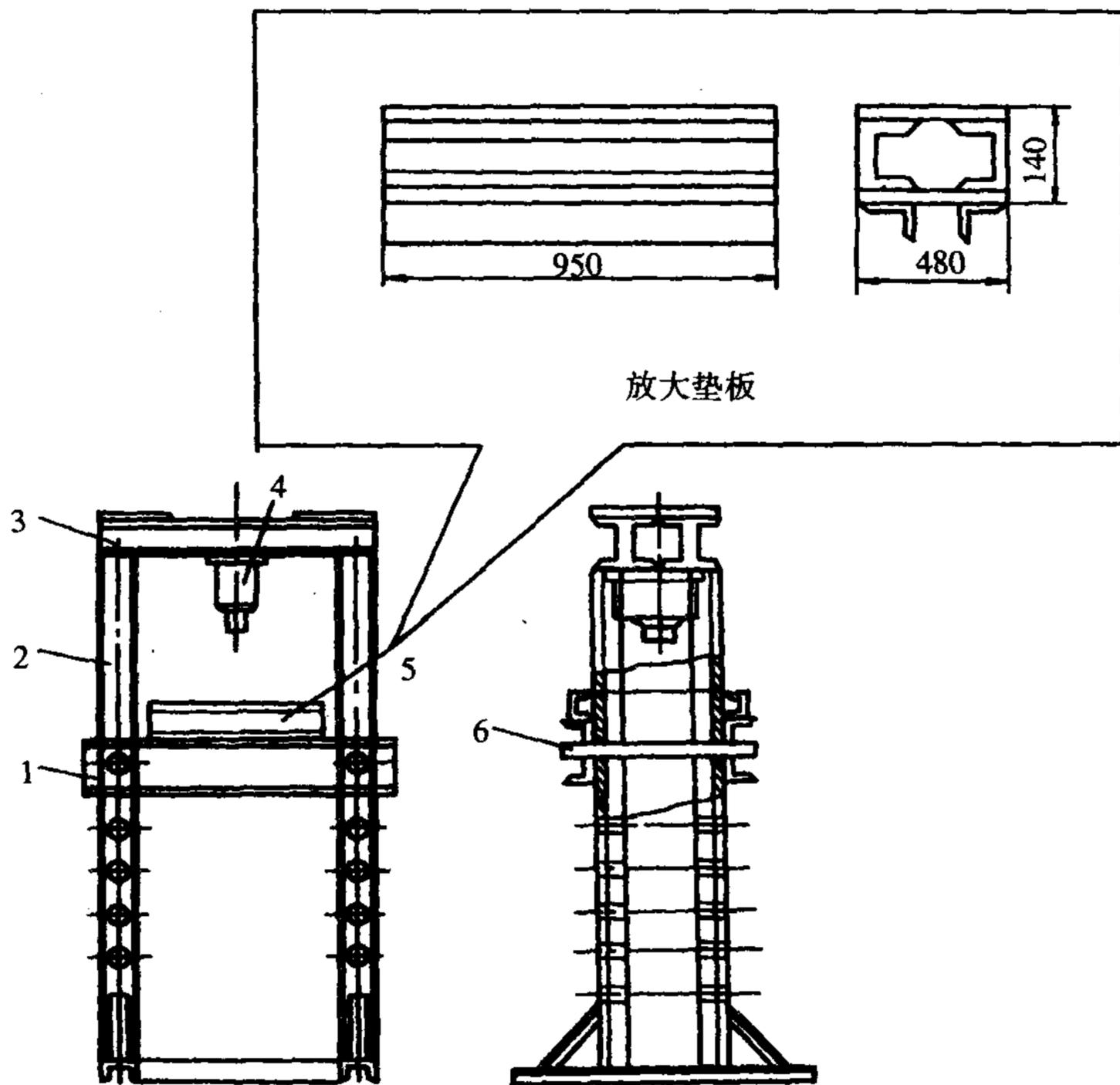


图 1-34 简易压力机的结构

1—横梁 2—支柱 3—上梁 4—千斤顶 5—垫板 6—定位棒

此压力机全是用旧料制作的,所以应按库存的闲置材料自行设计。

此压力机的特点是高度可调,利用圆钢棍($\phi 40.2$ mm、长 550 mm)插入不同高度的 $\phi 42$ mm 孔中,然后在圆钢棍伸出的两端放上 16 型槽钢,此槽钢内侧要焊上加强钢板。垫板放在 16 型槽钢的两侧,如图 1-34 所示。

横梁可用工字钢或旧铁轨,中间留出缝,上顶用两块 40 mm 厚的结构钢板焊接上,使压力结构成整体。

压力机座用 200 型槽钢焊接,为了立式使用,两端焊上加强肋。如果压力机水平使用时,可将压力机放倒,在压力机的顶端用 250 mm 高的钢支架或道木堆起道木墩,使压力机水平放置,便可水平使用。

此压力机全部为钢结构焊接而成,千斤顶可用 30 t 或 50 t,根据拆卸电机的大小而定。

除上面介绍的设备和自制工具之外,还有电焊设备、气焊设备、浸漆罐、烘炉、干燥箱、电葫芦(倒链)以及机加工设备,初学者可在生产实践中逐渐掌握操作要领。

第三节 电机维修常用电工材料

一、导电材料

铜和铝是最常用的导电金属,常制成线材使用。铜的导电性能好,在常温下有足够的机械强度,良好的延展性,加工容易,化学性能稳定,不易氧化和腐蚀,容易焊接,因此广泛用于制作铜线。铜分为软铜和硬铜两种。铜材经过压延、拉制等工序加工后,硬度增加,称作硬铜。它通常用于机械强度要求较高的导电零部件,如电动机的整流子片等。硬铜经过退火处理后,硬度降低成为软铜。软铜的电阻系数比硬铜小,故适宜制作电动机及各种电器的线圈。在产品型

号中,铜线的标志为 T, TY 表示硬铜, TR 表示软铜。

铝的导电率为铜的 62% 左右,但它的比重只有铜的 33%,而且价格便宜,因此铝是铜的理想代用材料。铝线的焊接比较困难,必须采用特殊的焊接工艺。电动机线圈采用的铝线是纯铝,含铝 99.5%~99.7%。由于加工方法不同,铝也有硬铝和软铝之分,线圈中使用的是软铝。在产品型号中,铝线的标志为 L, LY 表示硬铝, LR 表示软铝。

常用的导电材料有电磁线、电动机电源引出线、电动机用电刷等。

1. 电磁线

电磁线是一种具有绝缘层的金属线,用以绕制电动机及各种电器的线圈。目前多采用圆或扁的铜芯线,少数采用铝芯线。

电磁线的绝缘层除部分采用天然材料(如绝缘纸等)外,主要采用有机合成高分子化合物(如聚酯、缩醛、聚酯亚胺树脂等)和无机材料(如玻璃丝等)。由于单一材料绝缘层的性能有一定的局限性,因此有的电磁线采用复合绝缘层或组合绝缘层,以提高绝缘综合性能。按绝缘层的特点和用途不同,常用的电磁线可分为漆包线和绕包线两类。

(1) 漆包线 漆包线的绝缘层是漆膜,在导线上涂覆绝缘漆后烘干而成。其特点是漆膜均匀、光滑、较薄,有利于线圈的绕制,可提高铁芯槽的利用率,因此广泛用于中小型电动机及各种电器的线圈中。常用的漆包线品种、型号和用途见表 1-14,漆包线型号中的汉语拼音含义见表 1-15。

(2) 绕包线 绕包线是用玻璃丝或绝缘纸、合成树脂薄膜等紧密绕包在导线上形成绝缘层。有的在漆包线上再绕包绝缘层。除薄膜绝缘层外,其他绝缘层均需经胶粘浸渍处理,以提高其电气性能、机械性能及防潮性能,所以它们实际上是组合绝缘。绕包线的特点是绝缘层比漆包线的厚,能较好地承受过电压和过电流。它一般用于大中型电动机、变压器及电焊机等电器设备。根据绕包线的绝缘结

表 1-14 常用漆包线的品种、型号和用途

类别	产品名称	型号	规格 /mm	耐温等级 /°C	主要用途			
油性漆包线	油性漆包圆铜线	Q	0.02~2.50	A(105)	中、高频线圈及仪表线圈			
缩醛漆包线	缩醛漆包线	QQ-1 QQ-2	0.02~2.50	E(120)	普通中小型电动机、微电机绕组、油浸变压器线圈，仪表线圈			
	缩醛漆包圆铝线	QQL-1 QQL-2	0.06~2.50					
	彩色缩醛漆包圆铜线	QQS-1 QQS-2	0.02~2.50					
	缩醛漆包扁铜线	QQB	a边 0.8~5.6 b边 2.0~18.0					
	缩醛漆包扁铝线	QQLB	a边 0.8~5.6 b边 2.0~18.0					
	聚氨酯漆包圆铜线	聚氨酯漆包圆铜线 彩色聚氨酯漆包圆铜线	QA-1 QA-2			0.015~1.00	E(120)	要求 Q 值稳定的高频线圈，电视机用线圈和仪表用微细线圈
聚酯漆包线	聚酯漆包圆铜线	QZ-1 QZ-2	0.02~2.50	B(130)	中小电动机绕组，干式变压器和仪表线圈			
	聚酯漆包圆铝线	QZL-1 QZL-2	0.06~2.50					
	聚酯漆包扁铜线	QZB	a边 0.8~5.6 b边 2.0~18.0					
	聚酯漆包扁铝线	QZLB	a边 0.8~5.6 b边 2.0~18.0					
	聚酰亚胺漆包线	聚酰亚胺漆包圆铜线	QY-1 QY-2			0.02~2.50	C(≥180)	耐高温电动机绕组，干式变压器、密封式继电器及电子元件线圈
		聚酰亚胺漆包扁铜线	QYB			a边 0.8~5.6 b边 2.0~18.0		

注：圆线规格以线芯直径表示，扁线以线芯窄边(a)及宽边(b)长度表示。

表 1-15 漆包线型号的汉语拼音含义

绝缘层				导体		派生
绝缘漆	绝缘纤维	其他绝缘层	绝缘特征	导体材料	导体特征	
Q 油性漆	M 棉纱	V 聚氯乙烯 YM 氧化膜	B 编织	L 铝线 TWC 无 磁性铜	B 扁线 D 带(箔)	—1 薄漆层 —2 厚漆层
QA 聚氨酯漆	SB 玻璃丝		C 醇酸胶 粘漆浸渍			
QG 硅有机漆	SR 人造丝		E 双层			
QH 环氧漆	ST 天然丝		G 硅有机胶 粘漆浸渍			
QQ 缩醛漆	Z 纸		J 加厚			
QXY 聚酰胺 酰亚胺漆			N 自粘性			
QY 聚酰胺漆			F 耐致冷性			
QZ 聚酯漆			S 彩色			
QZY 聚酯 亚胺漆						

注:例如, QZL-1(聚酯漆、铝线-薄漆层)薄漆层聚酯漆包铝线, QZJBSB(聚酯漆、绞制、编织、玻璃丝)中频绕组线, SBELCB(玻璃丝、双层、铝线、醇酸胶粘漆浸渍、扁线)双玻璃丝包扁铝线。

构不同,可分为纸包线、薄膜绕包线、玻璃丝包线及玻璃丝包漆包线。在电动机修理中最好采用与原来规格、型号相同的电磁线,不要轻易变动,因为不同的电器设备对电磁线有不同的性能要求。如果没有原规格、型号的电磁线,可根据其原性能、耐热等级选择合适的电磁线。

2. 电动机电源引出线

由于电动机品种、绝缘等级、电压、电流等不同,因此电动机电源引出线的电气性能必须与其相适应,绝缘电阻要求高且稳定,一般可选用 JXHQ、JVR、JBX 型引出线。三相异步电动机电源引出线规格见表 1-16。

表 1-16 三相异步电动机电源引出线截面的选择

电流/A	截面积/mm ²	电流/A	截面积/mm ²	电流/A	截面积/mm ²
6 以下	1	31~45	6	121~150	35
6~10	1.5	46~60	10	151~190	50
11~20	2.5	61~90	16	191~240	70
21~30	4	91~120	25	241~290	95

3. 电动机用电刷

电动机电刷主要用于电动机的换向器或集电环上,作为传导电流的滑动接触件,它是用石墨粉末或石墨粉末与金属粉末混合压制而成的。电刷按材质不同,可分为石墨电刷、电化石墨电刷和金属石墨电刷三类。

选择电刷时,要考虑电刷的技术特性和运行条件,要求电刷具有磨损小、功率损耗和机械损耗小、噪音小、使用寿命长等特点,因此选择电刷时主要考虑接触电压降、摩擦系数、电流密度、圆周速度、施加于电刷上的压力等几个因素。

电动机的正常运行与电刷的正确选用关系密切。在更换电刷时,最好采用原规格、型号的电刷,以保证电动机正常运行。常用的电刷型号、性能和应用范围见表 1-17。

表 1-17 常用电刷型号、特性和应用范围

类别	型号	基本特性	应用范围
石墨电刷	S-3	硬度较低,润滑性较好	换向正常,负荷均匀,电压为 80~120 V 的直流电动机
	S-4	以天然石墨为基体,树脂为粘结剂,高阻,硬度和摩擦系数较低	换向困难的电动机,如换向器式调速异步电动机、高速微型直流电动机
	S-6	多孔、软质、硬度低	汽轮发电机的集电环,80~230 V 的直流电动机

续 表

类别	型号	基本特性	应用范围	
电化石墨电刷	D104	硬度低, 润滑性好, 换向性能好	一般用 0.4~200 kW 直流电动机, 充电用直流发电机、轧钢用直流发电机、汽轮发电机, 绕线转子异步电动机集电环, 电焊直流发电机	
	D172	润滑性好, 换向性能好, 摩擦系数低	大型汽轮发电机的集电环、励磁机, 水轮发电机的集电环, 换向正常的直流电动机	
	D202	硬度和机械强度较高, 润滑性好, 耐冲击、振动	电力机车用的牵引电动机, 电压 120~400 V 的直流发电机	
	D207	硬度和机械强度较高, 润滑性好, 换向性能好	大型轧钢直流电动机, 矿用直流电动机	
	D213	硬度和机械强度较 D214 高	汽车、拖拉机发电机, 具有机械振动的牵引电动机	
	D214 D215	硬度和机械强度较高, 润滑性好, 换向性能好	汽轮发电机的励磁机, 换向困难、电压 200 V 以上, 带有冲击性负荷的直流电动机	
	D252	硬度中等, 换向性能好	换向困难、电压 120~440 V 的直流电动机, 牵引电动机, 汽轮发电机的励磁机	
	D308 D309 D373	质地硬, 电阻系数较高, 换向性能好	换向困难的直流牵引电动机, 角速度较大的小型直流电动机, 电动机扩大机 电力机车用的牵引电动机	
	电化石墨电刷	D374	多孔, 电阻系数高, 换向性能好	换向困难的高速直流电动机, 牵引电动机, 汽轮发电机的励磁机, 轧钢电动机
		D479		换向困难的直流电动机

续 表

类别	型号	基本特性	应用范围
金属 石墨 电刷	J101 J102 J164	高含铜量,电阻系数小,允许电流密度大	低电压、大电流直流发电机,绕线转子异步电动机的集电环
	J104 J104A		低电压、大电流直流发电机,汽车、拖拉机用发电机
	J201	中含铜量,电阻系数较大,含铜量较高,允许电流密度较大	60 V 以下的低电压、大电流直流发电机,绕线转子异步电动机集电环
	J204		40 V 以下的低电压、大电流直流发电机,汽车辅助电动机,绕线转子异步电动机集电环
	J205		60 V 以下的直流发电机,汽车、拖拉机用直流启动电动机,绕线转子异步电动机的集电环
	J206		电压为 25~80 V 的小型直流电动机
	J203 J220		低含铜量,与高、中含铜量电刷相比,电阻系数较大,允许电流密度较小

二、绝缘材料

1. 绝缘材料的主要性能

绝缘材料的主要作用是在电器设备中把不同部分的导体隔离开来,使电流能按预定的方向流动。绝缘材料是电器设备中最薄弱的环节,许多故障发生在绝缘部分,因此绝缘材料应有良好的介电性能、较高的绝缘电阻和耐压强度;耐热性要好,不至于因长期受热而引起性能变化;良好的防潮、防雷电、防霉和较高的机械强度,以及易于加工等。

绝缘材料在长期使用中,在温度、电气、机械等方面的作用下,绝

缘性能会逐渐变差,称之为绝缘老化。温度对绝缘材料的使用寿命和绝缘老化有很大的影响,因此为确保电器设备能够长期安全运行,对绝缘材料的耐热等级及极限工作温度作了明确规定,见表 1-18。如果电器设备工作温度超过其使用的绝缘材料的极限工作温度,就会缩短绝缘材料的使用寿命。一般每超过 6℃,绝缘材料的使用寿命就会缩短一半左右。

表 1-18 常用绝缘材料的耐热等级

等级 代号	耐热 等级	绝缘材料	极限工作 温度/℃
0	Y	木材、棉花、纤维等天然纺织品,以醋酸纤维和聚酰胺为基础的纺织品,易于热分解和熔点较低的塑料(脲醛树脂)	90
1	A	工作于矿物油中和用油或油树脂复合胶浸过的 Y 级材料,漆包线、漆布、漆丝的绝缘,油性漆、沥青漆	105
2	E	聚酯薄膜和 A 级材料复合的材料,玻璃布,油性树脂漆、聚乙烯醇缩醛高强度漆,乙酸乙烯耐热漆	120
3	B	聚酯薄膜,经合适树脂粘合式浸渍涂覆的云母,玻璃纤维,石棉,聚酯漆	130
4	F	以有机纤维材料补强和布带补强的云母片制品,玻璃丝和石棉,玻璃漆布,以玻璃丝布和石棉纤维为基础的层压制品,以无机材料补强和石棉带补强的云母粉制品,化学热稳定性较好的聚酯和醇酸类材料,复合硅有机聚酯漆	155
5	H	无补强或以无机材料补强的云母制品,加厚的 F 级材料,复合云母,有机硅云母制品,硅有机漆,硅有机橡胶聚酰亚胺复合玻璃布,复合薄膜,聚酰亚胺漆	180
6	C	不采用任何有机粘合剂及浸渍剂的无机物,如石英、石棉、云母、玻璃和电瓷材料等	180 以上

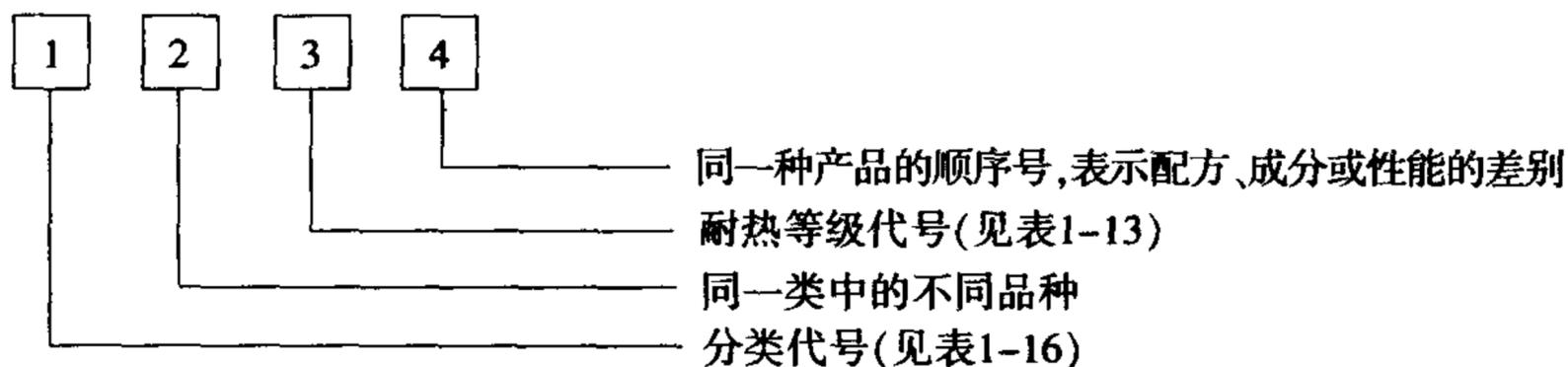
2. 绝缘材料的种类和型号

电工常用的绝缘材料按其物理状态不同,可分为气体、液体、固体三大类。气体绝缘材料如空气、氮气、二氧化碳、六氟化硫等;液体绝缘材料如变压器油、电容器油、电缆油等矿物油及硅油、三氯联苯等合成油;固体绝缘材料按其应用或工艺特征不同,又可划分为6类,见表1-19。

表 1-19 固体绝缘材料的分类

分类代号	分类名称	分类代号	分类名称	分类代号	分类名称
1	漆、树胶和胶类	3	层压制品类	5	云母制品类
2	浸渍纤维制品类	4	层压塑料类	6	薄膜、粘带和复合制品类

为了全面反映固体绝缘材料的类别、品种以及耐热等级,固体绝缘材料采用4位数字来表示其型号。



同类材料中有许多不同的品种,如第一类材料中,0表示浸渍漆,2表示覆盖漆,3表示瓷漆,4表示粘胶漆和树脂,6表示硅钢片漆,7表示漆包线漆,8表示胶类。又如第二类材料中,0、1、2表示棉纤维漆布,4、5表示玻璃纤维漆布,6表示半导体漆布和粘带,7表示漆管,8表示薄膜,9表示薄膜制品。例如,1031为J基酚醛醇酸漆,属B级;1032为三聚氢胺醇酸漆,属B级。

由于云母的种类较多,除白云母以外的其他云母制品还要在4位数字的后面加一位数字,1表示粉云母制品,2表示金云母制品。例如,5438-1为环氧玻璃粉云母带,5450-2为有机硅玻璃金云

母带。

3. 常用的绝缘材料

(1) 浸渍漆 主要用于浸渍电动机等电器设备的线圈和绝缘零部件。它分为有溶剂和无溶剂两种,有溶剂浸渍漆特点是渗透性好、储存期长、使用方便,但浸渍和烘干时间长、固化慢,需要使用溶剂;无溶剂浸渍漆特点是固化快,黏度随温度变化迅速,流动性和渗透性好,绝缘整体性好,固化过程挥发少等。

常用的有溶剂浸渍漆的型号、特性和用途见表 1-20,无溶剂绝缘浸渍漆的型号、特性和用途见表 1-21。

表 1-20 常用的有溶剂绝缘浸渍漆型号、特性和用途

名称	型号	耐热等级	颜色	特性和用途
沥青绝缘漆	1010 (L30-10)	A	黑	耐潮湿,具有良好的电气性能,但不耐油。适用于浸渍 A 级绝缘电动机的绕组及不要求耐油的电器零部件
三聚氢胺醇酸浸渍漆	1032 (A30-1)	B	黄褐色	耐潮、耐油和内干性较好。机械强度较高,耐电弧,附着力好。适用于浸渍湿热带地区电动机等电器设备绕组
环氧酯绝缘浸渍漆	1033 (H30-2)	B	黄褐色	耐油、耐潮、耐热,漆膜光滑、有弹性,机械强度高。适用于浸渍湿热带地区电动机等电器设备绕组及电器零部件
聚酯绝缘浸渍漆	155 6301 (Z30-2)	F	棕褐色	有较好的耐热性和机电性能,绝缘的黏结力强。适用于浸渍 F 级电动机绕组
聚酰亚胺环氧浸渍漆	D205	F	棕褐色	具有良好的机械、电气性能,黏度低,固体含量高,黏结力强。适用于绕组的浸渍
聚酯改性有机硅浸渍漆	931 (W30-9)	H	淡黄	黏结力较强,电气性能和耐潮性好,烘干温度较 W30 低。适用于浸渍高温电动机等电器设备绕组及电器零部件浸渍

注:括号内的型号为原化工部牌号。

表 1-21 常用的无溶剂绝缘浸渍漆型号、特性和用途

名称	型号	耐热等级	特性和用途
环氧无溶剂漆	110	B	黏度低,击穿强度高,贮存稳定性好。适用于低压电动机绕组沉浸
环氧聚酯酚醛无溶剂漆	5152-2	B	性能和用途同型号 110
环氧聚酯快干无溶剂漆	1034	B	固化快,挥发性少,但耐霉性较差。适用于电动机绕组滴浸
环氧聚酯无溶剂漆	EIV	F	黏度低,挥发物少,击穿强度高,贮存期较长。适用于中小型低压电动机、变压器绕组沉浸
酚醛环氧硼胺无溶剂漆	9105	F	黏度较低,电气性能好,贮存期较长。适用于高压电动机绕组整浸

(2)覆盖漆 覆盖漆用于浸漆处理后的线圈和绝缘零部件表面的涂覆,以形成连续而厚度均匀的表面绝缘保护漆膜,防止机械损伤及油污和化学物质的侵蚀,提高表面放电电压,另外还可用于电动机修理中加强局部绝缘能力。

覆盖漆中不含填料和颜料的为绝缘清漆,否则为绝缘瓷漆。绝缘清漆多用于绝缘零部件表面和电器内的涂覆,绝缘瓷漆多用于线圈和金属表面涂覆。

覆盖漆有烘干和晾干漆。晾干漆的性能差些,贮存不稳定,适用于不宜烘干的零部件的覆盖。常用的覆盖漆型号、特性和用途见表 1-22。目前环氧覆盖漆的应用更广泛,因为它比醇酸型覆盖漆有更好的耐潮性、防霉性、内干性和较强的漆膜附着力。

表 1-22 常用的覆盖漆型号、特性和用途

名称	型号	耐热等级	特性和用途
晾干醇酸 灰瓷漆	1321 (C32-9)	B	晾干或低温干燥,漆膜硬度高,耐电弧、耐油性好。适用于电动机等电器设备绕组及绝缘零部件表面涂饰
环氧酯 灰瓷漆	8363	B	烘干、漆膜硬度高,耐潮、耐霉、耐油性好。适用于湿热带地区电动机等电器设备绕组表面涂饰
灰环氧酯 绝缘瓷漆	1361 (H31-2)	B	晾干或低温干燥,漆膜坚硬,耐潮、耐油性好。适用于电动机等电器设备绕组表面涂饰
环氧酯 红瓷漆	162	B	烘干、漆膜光滑,强度高,色泽鲜艳,具有较高的介电性能。适用于出口电动机等电器设备绕组表面涂饰
晾干环 氧酯漆	1504 9120 (H31-3)	B	晾干或低温干燥,干燥快,漆膜附着力好、有弹性,耐潮、耐油、耐气候性好。适用于电动机绕组表面涂饰
聚酯铁 红瓷漆	183	F	晾干或低温干燥,漆膜色泽鲜艳,有较高的介电性能和耐热性及防潮性。适用于F级湿热带地区电动机等电器设备绕组表面涂饰
有机硅绝 缘红瓷漆	1350 (W32-3)	H	烘干,漆膜耐热性高,有好的电气性能。适用于H级电动机等电器设备绕组及绝缘零部件表面涂饰

(3)浸渍纤维制品 浸渍纤维制品,以棉布、棉纤维管、薄绸玻璃纤维布(或管)以及玻璃纤维与合成纤维交织物为底材浸以绝缘漆制成,有绝缘漆布、绝缘漆管和绑扎带3种。

①绝缘漆布 它主要用作电动机绕组的对地绝缘、槽绝缘和衬垫绝缘。常用的绝缘漆布型号、组成、特性和用途见表1-23。

表 1-23 常用的绝缘漆布型号、组成、特性和用途

名称	型号	组成		耐热等级	特性及用途
		底材	浸渍漆		
油性漆布 (黄漆布)	2010 2012	白细布	油性漆	A	2010 不耐油, 2012 耐油性较好。适用于一般电动机等电器设备的衬垫或绕组绝缘
沥青漆布 (黑漆布)	2110	白细布	沥青漆	A	介电性能较 2010 好。适用于一般低压电动机等电器设备的绕组绝缘
油性漆绸 (黄漆绸)	2210 2212	薄绸	油性漆	A	柔软性及介电性能良好, 2210 适用于电动机等电器设备的薄层衬垫或线圈绝缘。2212 耐油性较好, 适用于有矿物油侵蚀环境中工作的电动机等电器设备的薄层衬垫或绕组绝缘
沥青醇酸 玻璃漆布	2430	无碱 玻璃布	沥青醇 酸漆	B	耐潮性较好, 但耐汽油、变压器油性差。适用于一般电动机等电器设备的衬垫或绕组绝缘
醇酸玻 璃漆布	2432	无碱玻 璃布	醇酸三聚 氰胺漆	B	耐油性较好, 并有一定防霉性, 可用作较高温度下使用的电动机等电器设备的衬垫绝缘及变压器的绕组绝缘
环氧玻 璃漆布	2433	无碱玻 璃布	环氧酯漆	B	具有较高的电气、力学性能, 良好的耐化学腐蚀和耐湿热性能。适用于耐化学腐蚀的电动机等电器设备的槽绝缘、衬垫绝缘和绕组绝缘
有机硅玻 璃漆布	2450	无碱玻 璃布	有机硅漆	H	具有较高的耐热性、耐霉、耐油和耐寒性。适于 H 级电动机等电器设备的包扎绝缘
硅橡胶玻 璃漆布	2550	无碱玻 璃布	甲基硅橡 胶瓷漆	H	具有较高的耐热性, 良好的柔软性和耐寒性。适于特殊用途的低压电动机端部绝缘和导线绝缘

续 表

名称	型号	组成		耐热等级	特性及用途
		底材	浸渍漆		
有机硅防电晕玻璃漆布	2650	无碱玻璃布	有机硅防电晕瓷漆	H	具有稳定的低电阻率。适于作高压定子绕组槽口处的防电晕材料
聚酰亚胺玻璃漆布	2560	无碱玻璃布	聚酰亚胺漆	C	高耐热性及介电性能,优良的防潮性、耐辐射性、耐溶剂性。适用于在 220℃ 以上温度工作的电动机槽绝缘和端部衬垫绝缘

②绝缘漆管 它是由相应的纤维管作底材,浸以不同的绝缘漆,经烘干制成的棉漆管、涤纶漆管和玻璃丝管,适于作电动机等电器设备线圈的引出线或绕组连接线的绝缘套管。常用的绝缘漆管型号、组成、特性和用途见表 1-24。

表 1-24 常用的绝缘漆管型号、组成、特性和用途

名称	型号	组成		耐热等级	特性及用途
		底材	浸渍漆		
油性棉漆管 油性玻璃漆管	2710 2724	棉纱管 无碱玻璃丝管	油性漆	A E	具有良好的电气性能和弹性,但耐热性、耐潮性和耐霉性差。可用于电动机等电器设备和仪表等引出线和连接线绝缘
醇酸玻璃漆管	2730	无碱玻璃丝管	醇酸漆	B	具有良好的电气性能和弹性,耐热性、耐油性好,但弹性稍差。可代替油性棉漆管用于电动机等电器设备和仪表等引出线和连接线绝缘
聚氯乙烯玻璃漆管	2731	无碱玻璃丝管	改性聚氯乙烯树脂	B	具有优良的弹性和一定的电气、力学和耐化学性能。适于作电动机等电器设备和仪表等引出线和连接线绝缘

续 表

名称	型号	组成		耐热等级	特性及用途
		底材	浸渍漆		
有机硅玻璃漆管	2750	无碱玻璃丝管	有机硅漆	H	具有较高的耐热性和耐潮性,良好的电气性能,适于作H级电动机等电器设备的引出线和连接线绝缘
硅橡胶玻璃漆管	2751	无碱玻璃丝管	硅橡胶	H	具有优良的弹性、耐热性和耐寒性,电气性能和机械性能良好。适于作在-60~180℃温度下工作的电动机等电器设备和仪表等的引出线和连接线绝缘

③绑扎带 又称无纬带,是由长玻璃纤维经硅烷处理和整纱后,在浸以热固性树脂制成的B阶段或全固化的带状材料。按所用浸渍漆或树脂种类不同,可分为聚酯型无纬带、环氧型无纬带和聚胺酰亚胺型无纬带等。目前应用最广的是环氧型无纬带,它主要用来绑扎电动机转子绕组的端部,替代无磁性的合金钢丝、钢带等金属。

(4)非浸渍纤维制品 非浸渍纤维制品包括无碱玻璃纤维布、无碱玻璃纤维带、无碱玻璃纤维套管、无碱玻璃纤维绳等,具有耐热性高、吸水性小、柔软、抗拉强度高、电气性能好等特点。

(5)电工用薄膜及复合制品 电工用薄膜是指合成树脂制成的薄膜,如聚丙烯薄膜、聚酯薄膜等,其厚度为0.006~0.5mm。它可用于电动机等电器设备绕组绝缘,具有质地柔软、耐潮和良好的机械、电气性能。

复合制品是在薄膜的一面或两面粘合一层纤维材料(如绝缘纸、漆布等)组成的一种复合材料,纤维材料主要作用是加强薄膜的机械性能,提高抗拉强度和表面平整度。它主要用于中小型电动机的槽绝缘、绕组端部绝缘等。常用的电工薄膜及复合制品的型号、特性和用途见表1-25、表1-26。

表 1-25 常用的电工薄膜型号、特性和用途

名称	型号	耐热等级	特性和用途
聚酯薄膜 (定向)	6020	E~B	具有较高的抗张强度、绝缘电阻和击穿强度,耐有机溶剂、耐碱性好,但耐电晕性差。可用作电动机绕组的槽绝缘、对地绝缘及绕组线绝缘
聚萘酯薄膜 (定向)		F	耐热性好、弹性模数高、断裂伸长率小,有较好的化学稳定性,但在高温下易水解。可用作 F 级电动机绕组的槽绝缘和绕组线绝缘
聚酰亚胺薄膜 (定向)	6050	>H	具有优异的耐高温、耐低温、耐寒性和高的耐辐射特性。可用作 H 级电动机绕组的槽绝缘、绕组线绝缘
聚四氟乙 烯薄膜 (定向)	SFM	>H	具有很高的耐热性、耐寒性,优良的绝缘性能和化学稳定性。可用作工作温度-60~260℃特殊电工绝缘,也可用作绕组烘压绝缘时的脱模材料

表 1-26 常用的复合材料型号、组成、特性和用途

名称	型号	组成	耐热等级	特性和用途
聚酯薄膜绝 缘纸复合箔	6520	一层聚酯薄膜、 一层绝缘纸	E	主要用于低压电动机绕组的槽绝缘、层间绝缘
聚酯薄膜玻 璃漆布复合箔	6530	一层聚酯薄膜、 一层玻璃漆布	B	主要用于低压电动机绕组的槽绝缘、层间绝缘
聚酯薄膜聚 酯纤维纸复合箔	DMD	一层聚酯薄膜、 两层聚酯纤维纸	B	适用于 B 级电动机绕组的槽绝缘、层间绝缘及衬垫绝缘等
聚酯薄膜芳 香族聚酰胺纤维 纸复合箔	NMN641	一层聚酯薄膜、 两层芳香族聚 酰胺纤维纸	F	适用于 F 级电动机绕组的槽绝缘、层间绝缘及衬垫绝缘等
聚酰亚胺薄 膜、芳香族 聚酰胺纤维 纸复合箔	NHN651	一层聚酰亚胺薄 膜、两层芳香族 聚酰胺纤维纸	H	适用于 H 级电动机绕组的槽绝缘、层间绝缘及衬垫绝缘等

(6)粘带 粘带是指在常温或在一定温度和压力下能自粘成型的带状材料,分薄膜粘带、织物粘带和无底材粘带三类。粘带的绝缘性能好,使用方便,适用于电动机等电器设备绕组绝缘、包扎固定等。常用粘带的组成、特性和用途见表 1-27。

表 1-27 常用粘带的组成、特性和用途

名称	厚度/mm	组成	耐热等级	特性和用途
聚酯薄膜粘带	0.055~0.17	聚酯薄膜、橡胶型或聚丙烯酸酯胶粘剂	E~B	耐热性较低,但电气性能好。可用于电动机绕组绝缘密封和对地绝缘
环氧玻璃粘带	0.14~0.17	无碱玻璃布、环氧树脂胶粘剂	B	具有较高的电气性能,可用于电动机绕组绑扎绝缘
聚酰亚胺薄膜粘带(J-6250)	0.045~0.07	聚酰亚胺薄膜、聚酰亚胺树脂胶粘剂	H	具有高的电气性能和耐热性。可用于 H 级电动机绕组绝缘
有机硅玻璃粘带(6350)	0.15	无碱玻璃布、有机硅树脂胶粘剂	H	具有高的耐热性、耐寒性和防潮性。可用于 H 级电动机绕组绝缘
硅橡胶玻璃粘带		无碱玻璃布、硅橡胶胶粘剂	H	具有高的耐热性、耐寒性和防潮性。可用于 H 级电动机绕组绝缘
自粘性硅橡胶三角粘带		硅橡胶、填料硫化剂	H	具有耐热、耐潮、抗振动、耐化学腐蚀等特征,但抗张强度低。可用于特殊电动机绕组对地绝缘

电动机修理时,一般应选用与原来相同的绝缘材料。如果没有合适的绝缘材料或无法弄清原来材料,可选用与原来材料相似的绝

缘材料,或根据电动机铭牌上注明的绝缘等级进行选择。绝缘材料选择不当会影响电动机的修理质量,缩短修理后的电动机使用寿命。

(7)绝缘层压制品 又称积层制品(积层板、棒、管等)或积层塑料。绝缘层压制品是以有机纤维或无机纤维、布作底材,浸涂不同的胶粘剂,经热压(或卷制)而成的层状结构的绝缘材料。

采用不同的底材、胶粘剂含量、成型工艺,可制成不同耐热等级,不同机械、电气、理化性能的制品。电动机等电器设备中使用的层压制品,主要用作绝缘结构件,如绕组的支架、垫条、垫块、槽楔等。常用的层压板型号、特性和用途见表 1-28。

表 1-28 常用的层压板型号、特性和用途

名称	型号	组成		特性及用途
		底材	浸渍漆	
酚醛层压纸板	3020	浸渍纸	甲酚甲醛树脂	具有较高的电气性能,耐油性好。适于作对电气性能要求较高的电动机等电器设备的绝缘结构零部件
	3021	浸渍纸	苯酚或甲酚甲醛树脂	具有较高的机械强度,耐油性好。适于作对机械强度要求较高的电动机等电器设备的绝缘结构零部件
	3022	浸渍纸	甲酚甲醛树脂	具有较高的耐湿性能。适于作在潮湿条件下工作的电器设备的绝缘结构零部件
	3023	浸渍纸	甲酚甲醛树脂	具有低的介质损耗。适于作无线电、电器设备的绝缘结构零部件
	3025	棉布	甲酚甲醛树脂	具有较高的力学性能。适于作电动机等电器设备的绝缘结构零部件
	3027	棉布	苯酚甲醛树脂加甲酚甲醛树脂	具有一定的电气性能。适于作电动机等电器设备的绝缘结构零部件

续 表

名称	型号	组成		特性及用途
		底材	浸渍漆	
酚醛层压玻璃布板	3230	无碱玻璃布	甲酚甲醛树脂	力学性能、耐水和耐热性能比层压纸、布板好,但粘结强度低。适于作电动机等电器设备的绝缘结构零部件
苯胺酚醛层压玻璃板	3231	沃蓝处理玻璃布	苯胺甲醛树脂	电气性能和力学性能比酚醛玻璃布板好,粘结强度与棉布板相近。可代替棉布板,用作电动机等电器设备的绝缘结构零部件
环氧酚醛层压玻璃板	3240	无碱玻璃布	环氧酚醛树脂	具有较高的电气性能和力学性能,耐热性和耐水性较好。适于作电动机等电器设备的绝缘结构零部件

三、导磁材料

磁性材料在电动机中主要用以增强磁路中的磁场。按其特性不同,可分为软磁性材料和硬磁性材料(又称永磁材料)两大类。

1. 软磁材料

软磁材料的主要特点是导磁率高、剩磁小,在较低的外界磁场作用下,就能产生较高的磁感应强度,而且随着外界磁场的增大而很快达到磁饱和状态;当外界磁场去掉后,磁性就基本消失。常用的软磁材料有电工用纯铁和硅钢板两种。

(1) 电工用纯铁 电工用纯铁的饱和磁感应强度高,冷加工性好,但电阻率很低,所以一般只用于直流磁场的磁路中,如用作直流磁极等。

(2) 硅钢板 硅钢板的主要特性是电阻率高,适用于各种交变磁场的磁路中。硅钢板按制造工艺的不同,分为冷轧板和热轧板两种。冷轧硅钢板的性能优于热轧硅钢板。常用的硅钢板厚度有 0.35 mm、

0.50 mm 两种,前者多用于各种变压器等电器设备中,后者多用于交、直流电动机中。

2. 硬磁材料

硬磁材料的主要特点是剩磁强,经过饱和磁化后即使去掉外界磁场,还能在较长的时间内保持较强的磁性。硬磁材料主要用来制造永磁电动机和微型电动机的磁极铁芯,目前电动机上用得最普遍的是铝镍钴合金、铝钴钛合金。

第二章 直流电机的维修

第一节 直流电机的结构

将机械能转换为直流电能的电机称为直流发电机,而将直流电能转换为机械能的电机则称为直流电动机。由于直流电动机具有过载能力大,能承受频繁的冲击负载,可实现快速启动、反转和制动,并能在相当大的范围内平滑地无级调速等一系列优点,因此被广泛应用于电力机车、轧钢、矿井提升等许多方面。直流发电机则逐渐被各种类型的整流装置所取代而日益减少,但目前仍保有适当地位。

一、直流电机的工作原理

图 2-1 所示为最简单直流发电机的原理图。在定子上固定有磁极 N 及 S ,称为电枢的转子上有一圆柱形铁芯,铁芯上安放有线圈 $ab-cd$,线圈两端分别与相互绝缘的两铜片(即换向片)相连。当该直流发电机电枢被原动机拖动旋转时,线圈和换向片能同时旋转。两个固定不动的电刷 A 和 B 紧压在两个换向片上。它们分别与外电路相连以输出电能。

在电枢转动方向不变时,则将切割不同极性磁极下的磁感线,便产生不同方向的电动势。而当电枢在均匀磁场以等速绕轴线逆时针方向旋转时,线圈 $ab-cd$ 切割磁感线而产生感应电动势,其电动势方向可根据发电机右手定则来确定。这时,上边导体 ab 的感应电动势方向朝外,使固定于上方的电刷 A 为正极;下边导体 cd 的感应电动势方向朝外,使固定在下方的电刷 B 为负极。当导体 ab 和它连接的半圆换向片一起转到下边时,它的感应电动势方向与在上边时

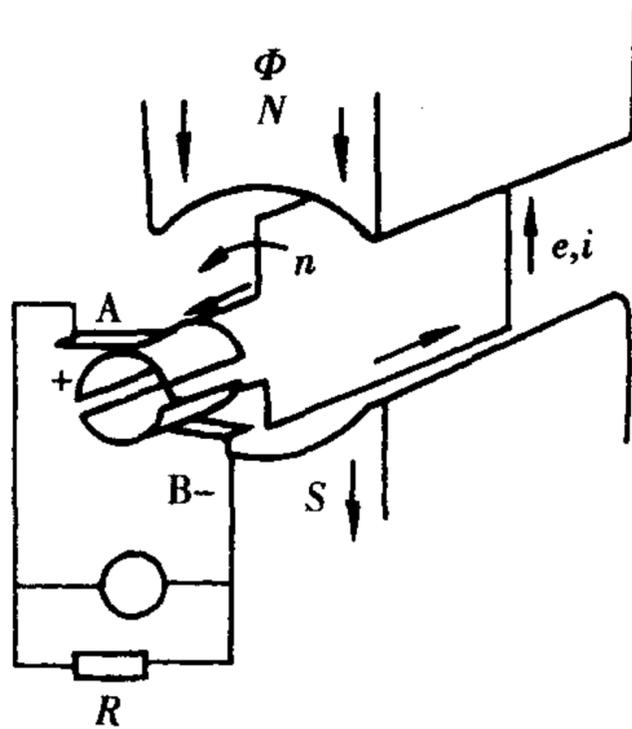


图 2-1 直流发电机的原理图

相反。但由于换向片与电刷的滑动转换,使导体 ab 通过换向片与电刷 B 相接触,故仍保持电刷 B 为负极;导体 cd 的情况则与此相反。因此,无论在什么时候,电刷 A 总是与上边在 N 极下的导体相连而仍为正极;电刷 B 则总是与下边在 S 极下的导体相连而为负极。当线圈 $ab-cd$ 转到水平位置时,它则位于磁场的中性位置,故其感应电动势为零。此时正好是换向片由一个电刷滑到另一个电刷的临界时刻,换向片虽被电刷短路而并没有短路电流。从上述情况可以看出导体中的感应电动势是交变电势,其波形如图 2-2 所示。而在电

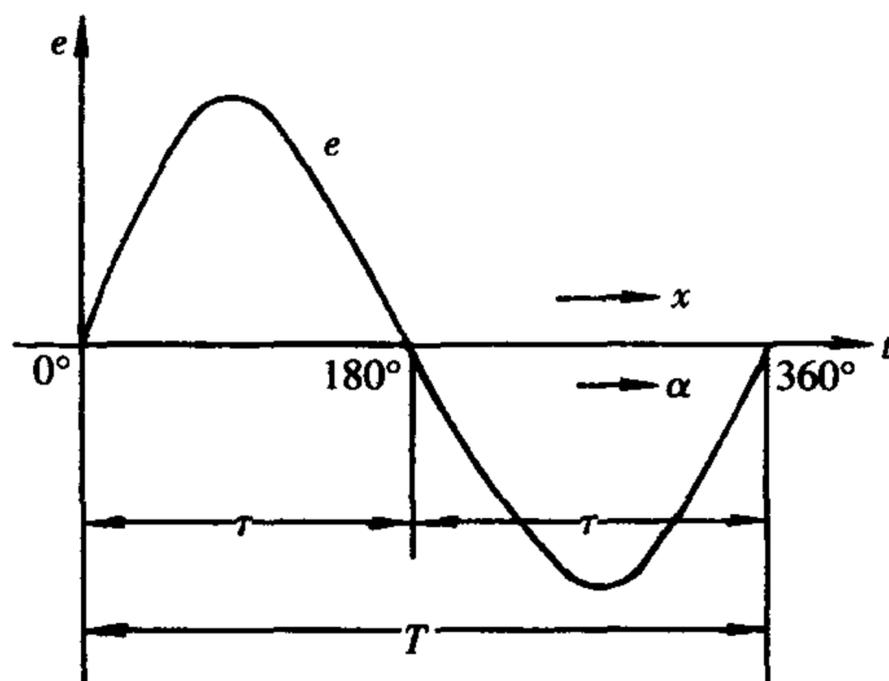


图 2-2 线圈中的交变电势

刷 AB 间的电压则是一个波动较大的脉动直流,其波形如图 2-3 所示。但在实用的发电机中,电枢绕组的导体和换向片数量都很多,它们均匀分布在电枢圆周的不同位置,这些不同位置线圈的脉动峰值出现于不同时刻,诸多线圈电动势的合成结果,就构成了大体上平稳的直流电。

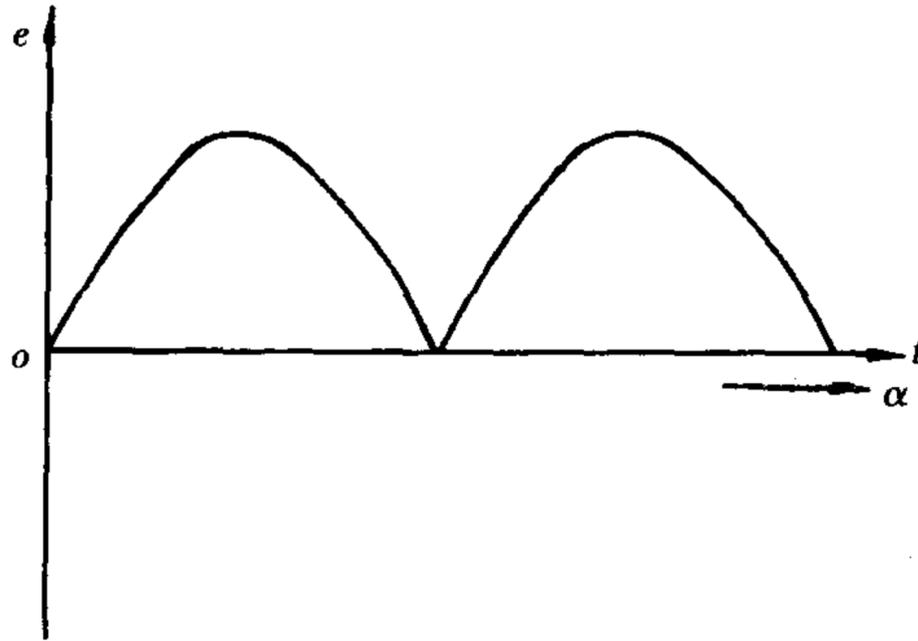


图 2-3 电刷 AB 间的脉动电势

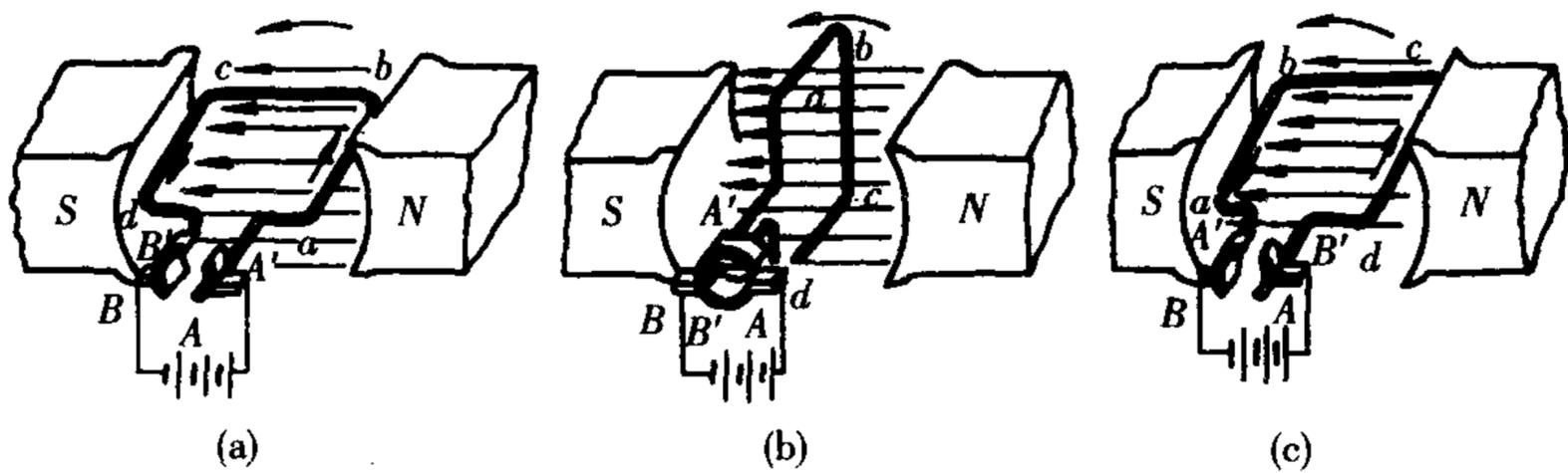


图 2-4

图 2-4 所示为最简单直流电动机的原理图。在主磁场内随轴旋转的线圈 $ab-cd$ (即电枢绕组), 经换向片及电刷与直流电源相连构成电流的通路。当线圈在图 2-4a 所示的位置时, 右侧导体 ab 中的电流方向朝内。按照电动机左手定则, 它将受到向上的电磁力。左侧导体 cd 中的电流方向则朝外, 它则受到向下的电磁力。电枢受此力偶的作用而沿逆时针方向转动。当转到图 2-4b 所示的位置

时,正值换向片由一个电刷滑到另一个电刷的瞬间,导体 ab 及 cd 处在磁场的中性位置,故没有力偶作用,电枢是依靠惯性继续旋转经过中性位置的。这时换向片调换了它所接触的电刷,转到了图 2-4c 所示的位置,于是线圈中的电流方向也随着改变。导体 ab 转到了左侧,电流方向变为朝外,受到向下的力;导体 cd 转到了右侧,受到向上的力。在此力偶的作用下,电枢继续旋转。在实用的电动机中,电枢绕组的导体和换向片都很多,它们均匀分布在电枢圆周的不同位置,除了个别处于中性位置的导体外,其余导体都将受到电磁力的作用,使电枢无论在什么位置,都能产生一个基本恒定的转矩。电动机的导体 ab 与 cd 在磁场中转动以后,它也像在发电机时一样因切割磁感线而产生感应电动势,其方向则与电源电动势相反,称为反电动势。同样,当直流发电机有了负载电流以后,它的导体也和电动机时一样在磁场中将受力而产生力矩,其方向则与原动机力矩方向相反,称为制动力矩。由此可见直流发电机与直流电动机是直流电机的两种运行方式,从理论上讲它们是可逆运行的。

二、直流电机的结构

直流电机主要由定子(固定不动)和转子(旋转运动)两大部分组成,其结构如图 2-5 所示。对直流电机结构的基本要求是:能承受额定电压和电流并保持良好的绝缘性能;能产生需要的磁通;有一定的机械强度和启动、运转灵活正常;电机温升不许超过额定值;所需材料应力求节省;制造工艺应力求简单等。

1. 定子

直流电机的定子主要由机座,前、后端盖,主磁极,换向极,电刷装置等组成。

(1)机座 机座通常用铸铁或铸钢件制成,它支持着整个电机的所有零部件。主磁极及换向极是用螺钉直接固定在机座上的,而转子部分则通过前、后端盖支持于机座上。同时机座还是电机磁路的一部分,其用作传导主磁极和换向极磁通的部分,称为磁轭。机座与

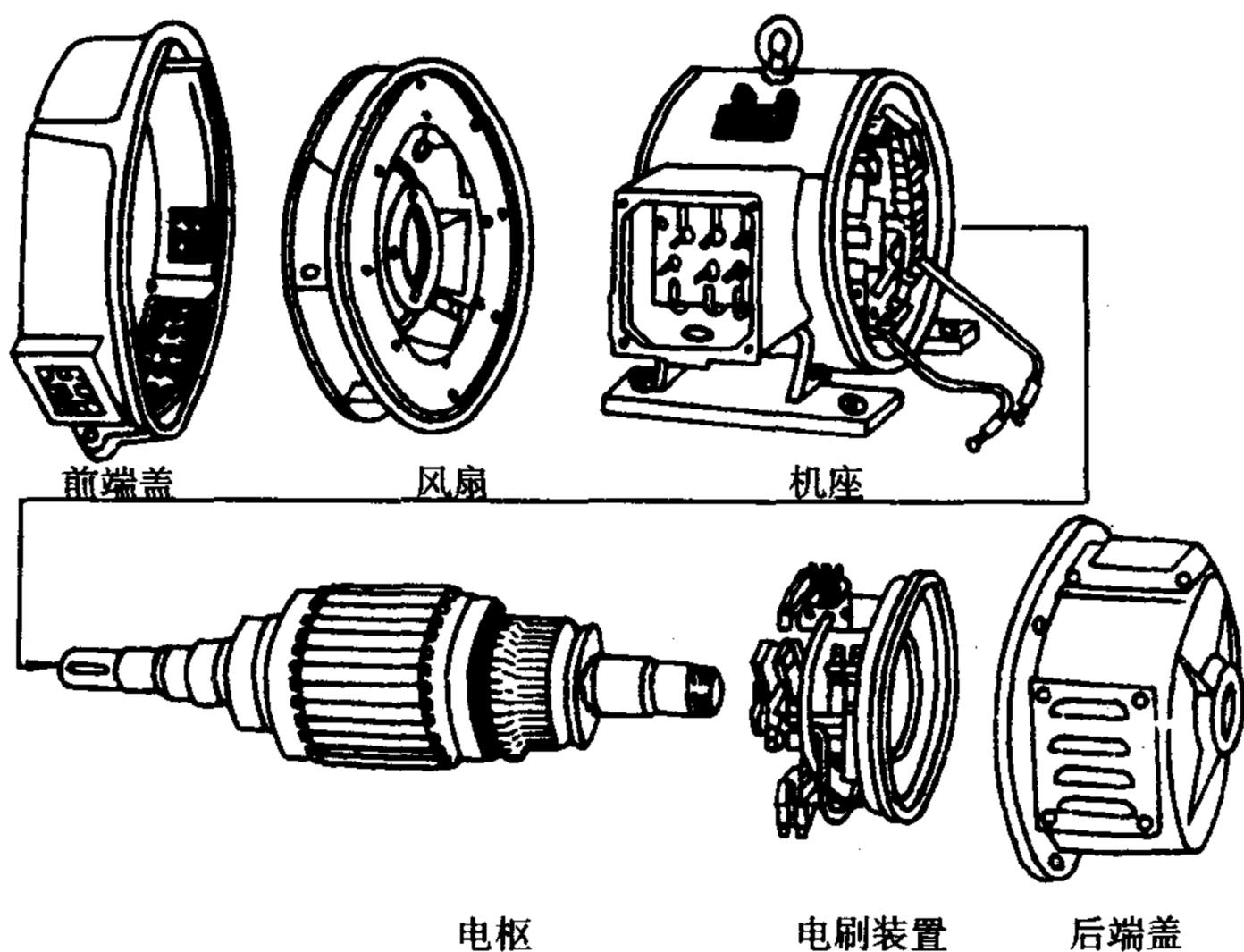


图 2-5 直流电机结构图

磁极铁芯之间设置有一些铁垫片,它们是用来调整电机定、转子间隙的。

(2)主磁极 简称主极,它由主磁极铁芯和主磁极绕组两部分组成。通常为减小由于主磁极磁通变化而产生的涡流损耗,主磁极铁芯多采用 $0.5 \sim 1.5 \text{ mm}$ 厚的硅钢片或普通钢板的叠片结构,而不是用块钢来制造。主磁极绕组则套装在主磁极铁芯极身处,小型直流电机的主磁极绕组用圆铜线绕制,中、大型直流电机则多用扁铜线制造而成。主磁极结构如图 2-6 所示。

(3)换向极 也称附加极或间极,它大都用整块锻钢制成,但也有用 $0.5 \sim 1.5 \text{ mm}$ 厚的硅钢片或普通钢板制成。其极身和极靴都比较窄,极身处套装有换向极绕组,与主磁极绕组一样也是用圆铜线或扁铜线绕制而成。换向极是用以产生换向磁极,改善直流电机的换向条件。换向极结构如图 2-7 所示。

(4)电刷装置 电刷装置由电刷、刷握、刷杆、刷杆座等部分组

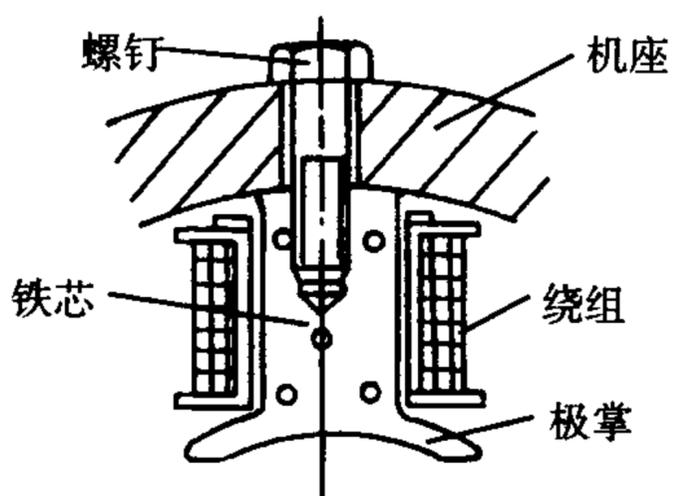


图 2-6 主磁极结构示意图

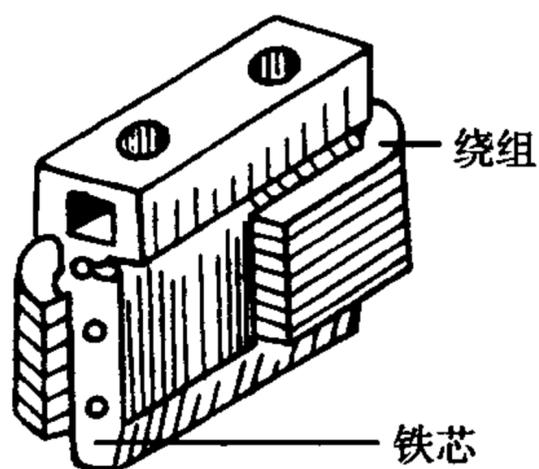


图 2-7 换向极结构示意图

成。电刷放在刷握空框内,并借助弹簧的压力压在换向器上,刷握则固定在刷杆上面,刷杆装至刷杆座,它们之间垫有绝缘材料,刷杆座则固定在端盖或轴承内盖上。电刷装置通过电刷与换向器表面之间的滑动接触,把转子电枢绕组中的电流引出(发电机时)或将电流引入转子电枢绕组内(电动机中)。目前常用的一种电刷装置如图 2-8 所示。

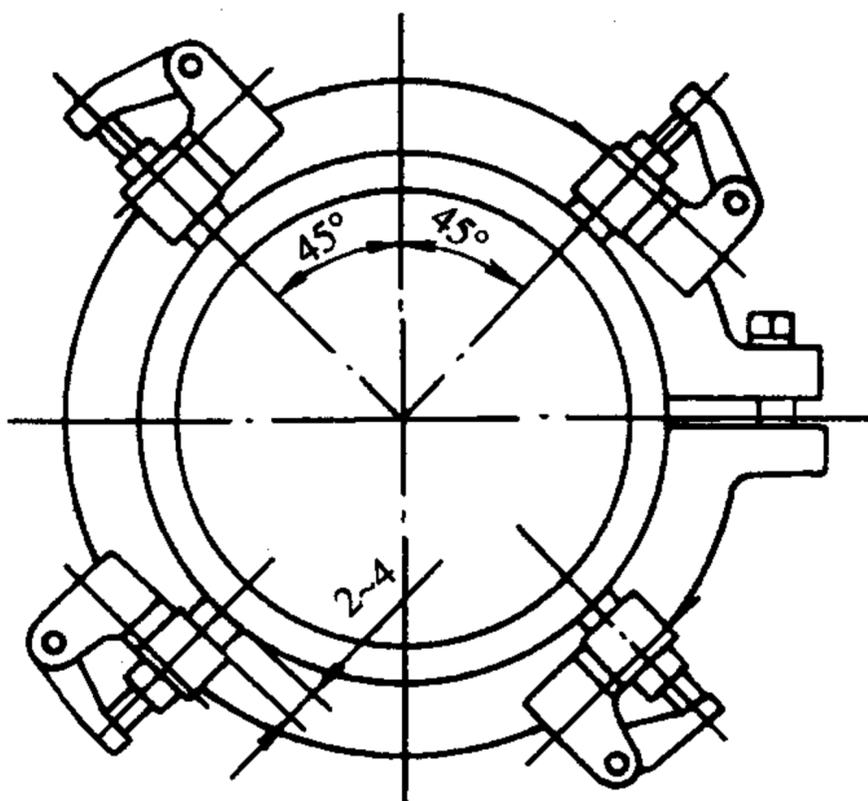


图 2-8 电刷装置示意图

(5)端盖、轴承盖 前后端盖用来支撑整个转子,它借助正口结构与机座固定,转轴通过端盖中心孔安装的轴承而直接得到支撑,而轴承中心与端盖止口外圆同心,这就使电枢的旋转中心线与机座中心线重合以保证电枢与磁极间的间隙均匀。同时端盖也是电机的防护盖。

2. 电枢

如图 2-9 所示,电枢主要由铁芯、绕组及换向器等组成。

(1)电枢铁芯及绕组 电枢铁芯均用 0.5 mm 厚硅钢片冲制叠成,两端用线圈支架或压环夹紧固定,铁芯中部有直径 25 mm 左右的轴向通风孔,较大电机的电枢铁芯则在轴向分段,段间为宽度约 10 mm 的径向通风沟,通风孔和通风沟均为冷却空气的通道,用以增加整个电枢的散热能力。在电枢铁芯圆周按轴向分布着许多槽,槽内嵌放有与铁芯绝缘的电枢绕组。槽口处用槽楔封紧,绕组端部则用绑线捆住,以防止电枢高速旋转时绕组因离心现象而被甩出损坏。

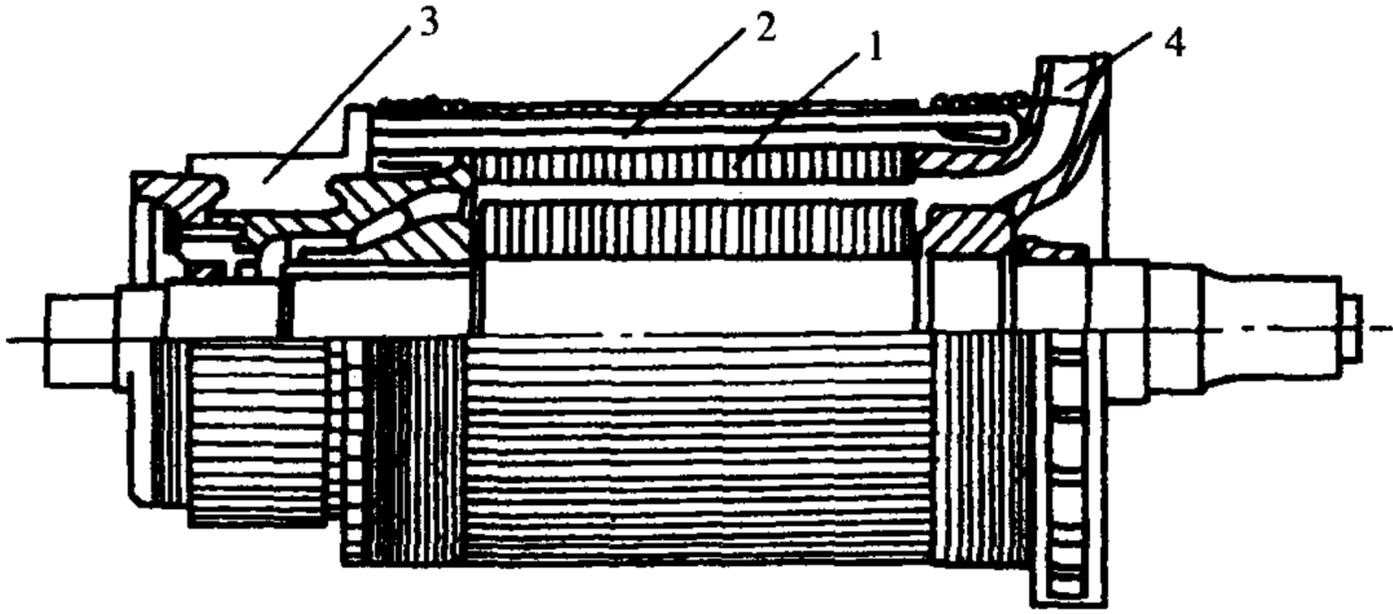


图 2-9 电枢结构示意图

1—铁芯 2—绕组 3—换向器 4—风翅

(2)换向器 如图 2-10 所示,换向器是由许多片带燕尾的梯形紫铜板及形状相同的云母片间隔组成的圆柱体,其两端用 V 形云母环及 V 形钢压环经螺帽或拉紧螺栓压紧。换向器上换向片的竖板或长升高片用作电枢绕组端接引线的连接,端接引线与升高片之间一般用焊锡焊接,H 级的用氩弧焊焊接。汽车电机及小型直流电机采用整体压铸而成的塑料换向器,这种换向器则不能够进行拆修,换向器损坏后只能整体更换新的。

(3)电枢轴、轴承及风扇 电枢轴用以支撑整个电枢的所有部件,在轴的两端各紧密配置有一只轴承,使电枢能平稳运行于定子铁芯内。电枢轴上通常都装有风扇,用以加快电机的内部散热。

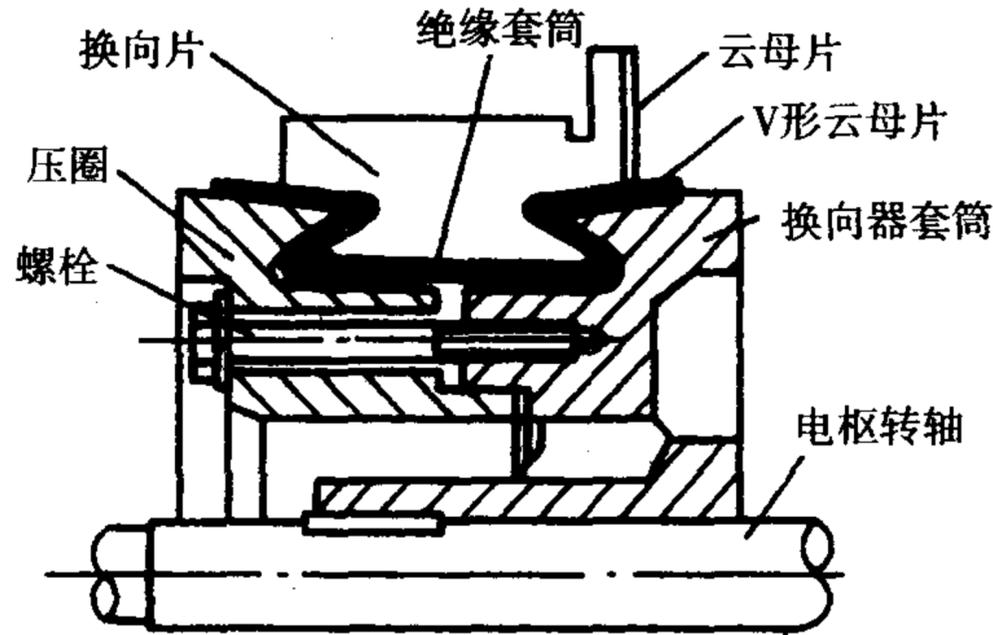


图 2-10 换向器结构示意图

3. 空气隙

在静止不动的定子磁极和旋转的电枢之间存在一段间隙,这段间隙就叫定转子间气隙,它的大小和形状直接影响电机的运行特性,不宜轻易改动。

三、直流电机的用途及类型

直流电机在近代工业的电力拖动中,是一种很重要的电机。因为直流发电机能提供无脉动的电力,其输出电压便于精确地调节和控制,它主要用作某些重要直流电动机的电源和交流同步发电机的励磁电源;以及在化学工业方面用作电解、电镀的低压大电流电源。但随着电子整流技术的迅速成熟,可控硅整流电源的广泛采用使直流发电机有被取代的趋势。

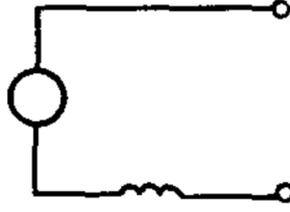
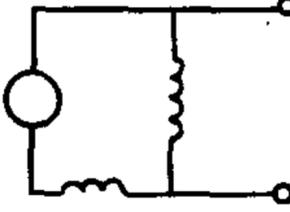
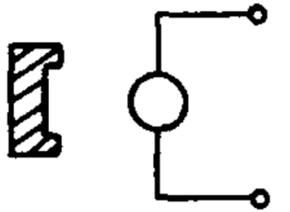
直流电动机则由于具有相当大的调速范围、平滑的调速特性、较高的过载能力和较大的启动、制动转矩等,因而被广泛应用于冶金矿山、交通运输、纺织印染、造纸印刷以及化工和机床等工业部门。

直流电机的特性与其励磁方式有着密切的联系,根据不同的励磁方式,它可分为并励式、串励式、复励式、他励式和永磁式等五种。不同励磁方式的直流发电机和直流电动机的特性与用途分别见表 2-1和表 2-2 所示。

表 2-1 直流发电机的特性与用途

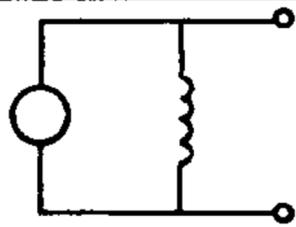
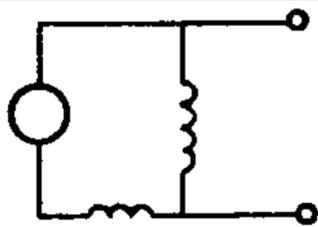
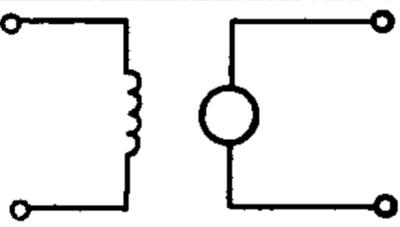
励磁方式	电压变化率		特性	用途
串励	—		有负载时,发电机才输出端电压,输出电压随负载电流增大而上升	用作升压机
并励	20%~40%		输出端电压随周期电流增加而降低,降低的幅度较他励时为大,其外特性稍软	充电、电镀、电解、冶炼等用直流电源
复励	积复励	不超过 6%	输出端电压在负载变动时变化较小,电压变化率由复励程度即串、并励的安匝比决定	直流电源,如起重机械和用柴油带动的独立电源等
	差复励	电压变化率较大	输出端电压随负载电流增加而迅速下降,甚至降为零	如用于自动控制系统中作为直流电动机的电源
他磁	5%~10%		输出端电压随负载电流增加而迅速下降,甚至降为零	常用于电动机—发电机—电动机系统中,实现直流电动机的恒转矩宽广调速
永磁	1%~10%		输出端电压与转速成线性关系	用作测速发电机

表 2-2 直流电动机的特性与用途

励磁方式	串励	复励	永磁
励磁特征图			
启动转矩	启动转矩很大,约可达额定转矩的 5 倍	启动转矩较大,约可达额定转矩的 4 倍,系由复励程度来决定	启动转矩约为额定转矩的 2 倍,也可制成为额定转矩的 4~5 倍

续表

励磁方式	串励	复励	永磁
短时过载转矩	可达额定转矩的 4 倍左右	比并励电动机要大,约可达额定转矩的 3.5 倍	一般为额定转矩的 1.5 倍,也可制成为额定转矩的 3.5~4 倍
调整范围	用外接电阻与串励绕组串联或并联、或将串励绕组串联或并联连接来实现调速。其调速范围较宽。	采用削弱磁场调速,可达额定转速的 2 倍	转速与电枢电压是线性关系,有较好的调速特性,调速范围较大
转速变化率	转速变化率很大,空载转速极高	由复励程度来决定,可达 25%~30%	3%~15%
用途	用于要求很大的启动转矩,转速允许有较大变化负载,如蓄电池供电车、起货机、起锚机、电车、电力传动机车等	用于要求启动转矩较大,转速变化不大的负载,如拖动空气压缩机、冶金辅助传动机械等	自动控制系统中作为执行元件及一般传动动力用,如力矩电动机

励磁方式	并励	稳定并励	他励
励磁特征图			
启动转矩	由于启动电流一般均限制在额定电流的 2.5 倍以内,故启动转矩则为额定转矩的 2~2.5 倍		
短时过载转矩	一般情况约为额定转矩的 1.5 倍,带补偿绕组时,可达额定转矩的 2.5~2.8 倍		
调速范围	采用削弱磁场的恒功率调速时,其转速比可为 1:2 至 1:8,他励时,可调节电枢电压,恒转矩时向下高速则范围较宽广		
转速变化率	5%~20%		
用途	用于启动转矩稍大的恒速负载,以及要求调速的传动系统,如离心泵、风机、金属切削机床、纺织印染、造纸和印刷机械等		

直流电机及其派生系列产品的用途和类型如表 2-3 所示。

表 2-3 直流电机及其派生系列产品的用途和类型

序号	产品名称	主要用途	产品代号	老产品代号
1	直流发电机	基本系列标准通用,一般用途	ZF	Z、ZJF
2	直流电动机	基本系列标准通用,一般用途	Z	ZD、ZJD
3	精密机床用直流电动机	磨床、坐标镗床等精密机床用	ZJ	ZTD
4	冶金用直流发电机	轧钢机及提升机等用	ZJF	
5	冶金用直流电动机	轧钢机及提升机等用	ZJD	
6	船用直流发电机	用作船舶电源	ZFH	Z ₂ C
7	船用直流电动机	船舶上各种辅助机械拖动用	ZH	Z ₂ C、ZH
8	电梯用直流发电机	中速电梯用	ZTD	
9	电梯用直流电动机	低速电梯用	ZTDD	ZTD
10	广调速直流电动机	用于恒功率调速范围广的传动机械	ZT	
11	充电用直流发电机	蓄电池充电用	ZFHC	ZHC
12	试验用直流电动机	试验用	ZS	Z、ZD
13	试验用直流发电机	试验用	ZFS	Z、ZF
14	汽车发电机	汽车供电电源用	F	
15	汽车启动机	汽车、拖拉机启动	ST	
16	冶金起重用直流电动机	冶金起重辅助传动机械等用	ZZJ	
17	电铲用起重直流发电机	电铲用	ZC	ZZ、ZZK、ZZY
18	电铲用起重直流电动机	电铲用	ZFU	ZZC、ZDW
19	龙门刨床用直流发电机	龙门刨床拖动电动机的电源	ZU	ZBD

续 表

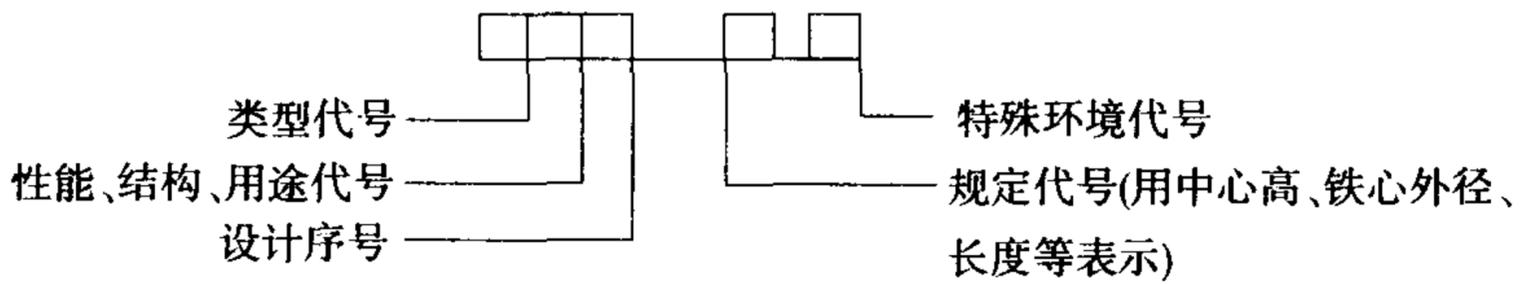
序号	产品名称	主要用途	产品代号	老产品代号
20	龙门刨床用直流电动机	龙门刨床拖动用	ZFU	ZBF
21	真空冶炼炉用直流发电机	作为冶炼电源	ZFD	
22	电解用直流发电机	电解槽电源用	ZJ	ZFD
23	直流牵引电动机	电力机车主传动电动机	ZQ	
24	直流牵引辅助电动机	电力机车辅助电动机	ZQD	
25	直流牵引辅助发电机	电力机车辅助电源	ZQF	
26	内燃机车用牵引电动机	电传动车辅助电源	ZQDR	
27	内燃机车用牵引发发电机	电驱动内燃机车电源	ZQFR	
28	防爆安全型直流电动机	矿井用	ZA	
29	隔爆型直流电动机	矿井用	ZB	
30	防爆通风型直流电动机	矿井用	ZDF	
31	脉冲直流发电机	脉冲电源用	ZFM	ZMF
32	高速直流电动机	高速拖动用	ZG	ZKD
33	无槽直流电动机	用于快速动作的伺服系统中	ZW	ZWC
34	直流测功机	测定原动机效率和输出功率	CZ	ZC
35	力矩直流电动机	用于位置或速度伺服系统中	ZLJ	

四、直流电机的铭牌数据

电机的机座上都有一块铭牌,上面标注着正确使用该电机的各项技术数据。用户应遵照铭牌的规定和要求来使用电机,否则电机将达不到应有的使用效率,因为操作错误还有可能导致损坏电机。直流电动机的铭牌如图 2-11 所示。

1. 型号的含义

直流电机型号分为三节,其含义如下:



型号中的代号均用汉语拼音字母来表示,直流电机型号中常见汉语拼音字母的含义如表 2-4 所示。

直流电动机			
型 号	ZJD250/145-12	励磁方式	他励
容 量	4560 kW	励磁电压	300 V
电 压	865 V	励磁电流	458 A
电 流	5700 A	定 额	连续
转 速	70/120r/min	绝缘等级	B级
技术条件		重 量	135 t
出厂编号	Z0025	出厂日期	1991年 8 月
哈尔滨电机厂			

图 2-11 直流电动机铭牌

表 2-4 直流电机型号中常见汉语拼音字母的含义

字母	代表意义	字母	代表意义
Z	直流、直流电机、起重	M	中机座、脉冲
F	发电、化工防腐	X	蓄电池
D	电动	G	高原用、高速
C	测功机、测速、机床、船用、槽	R	内燃
W	户外、卧式、挖掘、无	S	短机座、试验
L	立式、长机座	T	热带用、广调、镗床、通风、电梯
O	封闭	TH	湿热带用
K	高速、控制	TA	干热带用
Q	牵引	J	冶金、精密、电解
Y	冶金	A	安全
B	隔爆、刨床	H	船舶用

2. 额定技术数据

铭牌上标注的功率、电压、电流、转速等技术数据,均为额定值。额定值是一台电机设计制造时,在达到国家标准规定条件下的正常允许值。各个额定值是使用或选用电机时要认真考虑的,因为电机在运行时,各数值可能与额定值有所不同,它们将由负载的大小来确定。一般不能允许电机较长时间作超额定值的运行,因为过负载将会降低电机的使用寿命,甚至损坏电机。但如电机长期处于低负载运行,则设备没有得到充分利用,其经济性较差,所以根据负载大小的需要按电机铭牌上的额定值去选用电机是比较经济合理的。

(1) 额定功率 直流电动机的额定功率是指在额定条件下电动机轴身上输出的机械功率;直流发电机的额定功率则是指在额定条件下发电机供给负载的电功率。单位为 W 或 kW,常用的额定功率如表 2-5 所示。

表 2-5 直流电机的额定功率

电机类别		额定功率/kW
小型	电动机	0.4、0.6、0.8、1.1、1.5、2.2、3、4、5.5、7.5、10、13、17、22、30、40、55、75、100、125
	发电机	0.7、1、1.4、1.9、2.5、3.5、4.8、6.5、9、11.5、14、19、26、35、48、67、90、115、145、185
中型	电动机	55、75、100、125、160、200、250、320、400、500、630、800、1000、1250
	发电机	180、240、300、350、470、580、730、920、1150、1450
大型	电动机	1250、1600、2050、2600、3300、4300、5350、6700
	发电机	1900、2400、3000、3600、4600、5700

(2) 额定电压 直流电机的额定电压是指电机在额定条件下的工作电压,直流电机常用额定电压如表 2-6 所示。

表 2-6 直流电机的额定电压

电机类型	额定电压/V
电动机	110、220、(330)、440、630、(660)、800、1000、1500
发电机	6、12、24、48、115、230、(330)、460、630、(660)、800、1000

(3) 额定转速 直流电机的额定转速是指在额定条件下电机的转速,直流电机常用额定转速如表 2-7 所示。

表 2-7 直流电机的额定转速

电机类别	额定转速/(r/min)
电动机	25、32、41、51、63、81、111、125、160、200、250、300、400、500、600、750、1 000、1 500、3 000
发电机	300、330、375、427、500、600、750、1 000、1 500、3 000

五、直流无刷电动机

直流无刷电动机是一种新型直流电动机,它是以电子换向装置代替传统的电刷和换向器式的机械换向装置,采用霍尔元件作为位置传感器,整机由电动机、位置传感器和电子换向器开关电路三部分组成。电动机主定子与交流电动机相似,定子机壳内还装有位置传感器定子,转子为永磁钢式,轴上装有位置传感器转子。它具有启动迅速、调速范围宽、机械特性和调节特性线性度好、可靠性高、寿命长、噪声较低、维护方便、无换向火花和无线电干扰等特点。适用于一般直流电动机不能胜任的环境,如摄影机和人造卫星。

表 2-8 为 ZWH 型直流无刷电动机的技术数据。

表 2-8 ZWH 型直流无刷电动机的技术数据

型号	额定电压 /V	额定转矩 /mN·m	额定电流 /A	额定转速 /r/min	稳速误差 /r/min	工作制	外形尺寸 长×宽×高 (总长×外径) /mm ³	电机系统质量 /g	生产厂家
ZWH1	10	2.7	350	2800	150	连续	65×80×50	70	上海微型电机厂
ZWH2	10	2.7	350	2800	120	连续	65×80×50	70	
40ZWH1	12	1.9	300	1500	35	连续	60×φ40	220	

第二节 直流电动机的维修

一、直流电动机的运行与维护

1. 直流电动机的运行

(1) 使用前的准备及检查

- ① 清扫电机内部灰尘、电刷粉末等,清除污物及杂质。
- ② 拆除与电动机连接的一切接线,检查电动机绕组对机壳的绝缘电阻,不得低于 $0.5\text{ M}\Omega$,若小于 $0.5\text{ M}\Omega$,需要进行烘干后再使用。
- ③ 检查电刷是否因磨损而太短,刷握的压力是否适当,刷架的位置是否符合规定。
- ④ 检查换向器表面是否光洁,若发现有机械损伤或火花烧灼痕,应及时对换向器进行维修及表面处理。
- ⑤ 电动机运转时,应注意测量轴承温度,并倾听其转动声音,如有异常也应及时进行处理。

(2) 直流电动机的启动和制动

直流电动机有以下三种启动方法。

- ① 直接启动。直接启动不需要附加启动设备,操作简便,但主要缺点是启动电流很大。一般直接启动只适用于功率不大于 1 kW 的电动机。
- ② 电枢回路串联电阻启动。在电枢回路内串入启动电阻,以限制启动电流。这种启动方法适用于任何规格的直流电动机,但是启动过程中能量消耗较大,因此,不适用于中大型电动机。
- ③ 降压启动。用降低电源电压的方法来限制启动电流。这种方法适用于采用他励方式的电动机。

直流电动机的制动通常采用使电磁转矩反向的方法来进行电磁制动。

2. 直流电动机的日常维护

直流电动机在运行过程中,应按运行规定的要求经常检查电动机的工作状况,对换向器、电刷装置、通风系统及绕组绝缘等部位要重点加以维护。加强日常维护检查,是保证电机安全运行的关键。

(1)电动机应经常清理,保持清洁,防止油污、水等进入内部。

(2)换向器的维护。换向器的表面应很光洁,正常的换向器长期运转后,表面会产生一层坚硬的深褐色的薄膜,呈现古铜色,颜色分布均匀。这层薄膜可保护换向器表面不受磨损,因此要保留这层薄膜。如果发现换向器表面不正常,有严重的烧灼痕、粗糙不平或局部有凹凸现象时,则应进行维修及表面处理。

(3)电刷工作的检查。对于换向正常的电机,电刷与换向器表面接触的工作面呈现平滑、明亮的“镜面”。正常的电刷压力为 $0.15 \sim 0.25 \text{ kgf/cm}^2$ ($\pm 10\%$) ($1 \text{ kgf/cm}^2 = 98.0665 \text{ kPa}$),电刷与刷握的配合不宜过紧,而须留有不大于 0.5 mm 左右的间隙。当电刷工作面出现磨损或碎裂现象时,须换一相同规格的电刷,新电刷装配好后应研磨光滑,使电刷工作面呈“镜面”。

更换电刷时,应先在电刷安装之前打磨电刷的工作面,使其工作面圆弧与换向器表面外圆相符;然后将 0 号长砂布围紧在换向器表面上,将电刷放在刷盒内,安装好,并调好弹簧压力,使各电刷压砂布上;最后转动换向器,使砂布研磨电刷工作面。研磨后,取下长砂布,用压缩空气吹净换向器,并将炭粉吹干净。

(4)通风冷却系统的检查。通风冷却系统出现故障会使电机温升增高。所以要仔细检查过滤器是否堵塞,冷却空气是否干燥清洁,进风速度、空气湿度是否符合规定要求及电机内部灰尘是否影响了电机的散热、冷却水是否正常等。

二、直流电动机的常见故障及原因

直流电动机常见故障有:电源合上后电动机不转;电动机转速变慢或者变快;电动机运转时产生强烈的火花;电动机运转时有噪声;

电枢过热或烧毁；电动机壳体带电等。

1. 电源合上后电动机不转

故障原因可能是：

- (1) 电源电压过低；
- (2) 电路中熔丝熔断；
- (3) 电枢绕组开路；
- (4) 电刷或换向器表面不清洁；
- (5) 启动电流过小；
- (6) 启动时过载；
- (7) 有杂物卡死，转子转不动。

2. 电动机转速低于或高于额定转速

故障原因可能是：

- (1) 电枢绕组接地；
- (2) 电枢绕组短路；
- (3) 刷架位置不在中性线上；
- (4) 外施电压与额定电压不符；
- (5) 串励电动机轻载或空载运转；
- (6) 串励磁场绕组接反；
- (7) 磁场回路电阻过大。

3. 电动机运转时产生强烈的火花

故障原因可能是：

- (1) 电刷磨损较大；
- (2) 换向器和电刷接触不良；
- (3) 换向器表面不光洁、粗糙；
- (4) 换向器间云母凸起；
- (5) 刷架位置不在中性线上；
- (6) 换向器极性接错；
- (7) 电枢绕组接地；
- (8) 电枢绕组中有部分线圈反接；

(9)电枢绕组短路或换向器短路；

(10)外施电压过高。

4. 电动机运转时有噪声

电动机运转时的噪声可分为两种：电磁噪声和机械噪声。可通过以下的方法来区分：使电动机通电运行，仔细听其运转时的声音，然后断电，让电动机借助惯性继续运转，若声音依然如故，则说明是电动机械方面的故障；否则即可断定是电磁方面的故障。

引起电动机运转时的噪声过大的原因可能是：

(1)轴承损坏，引起电枢扫膛；

(2)换向器表面高低不平；

(3)换向器表面不清洁；

(4)电枢绕组端部碰机壳；

(5)电动机转轴弯曲。

5. 电枢过热或烧毁

故障原因可能是：

(1)长期过载，换向磁极线圈或电枢绕组短路；

(2)电压过低；

(3)电动机正反转过于频繁。

6. 电动机壳体带电

故障原因可能是：

(1)电枢绕组接地；

(2)定子励磁绕组接地；

(3)换向器接地；

(4)换相装置的电刷座接地；

(5)刷杆接地。

综合上述电动机产生的故障原因，可归纳为：

(1)电枢绕组接地，电枢绕组短路、断路；

(2)电刷与换向器接触不良；

(3)电刷不在中性线上；

- (4) 定子励磁绕组接地；
- (5) 换向片间短路；
- (6) 电刷座接地。

三、直流电枢绕组故障的检修

1. 电枢绕组常见故障的检修

在修理中常碰到的电枢绕组故障有电枢绕组接地、电枢绕组短路以及电枢绕组的反接等故障。

(1) 电枢绕组接地故障的检查方法

直流电机电枢绕组接地故障一般是槽口对地击穿或绕组端部对支架击穿以及换向器内部绝缘击穿等。接地故障常用以下方法检查。

① 毫伏表或校验灯法 见图 2-12a。将直流低压电源接在相

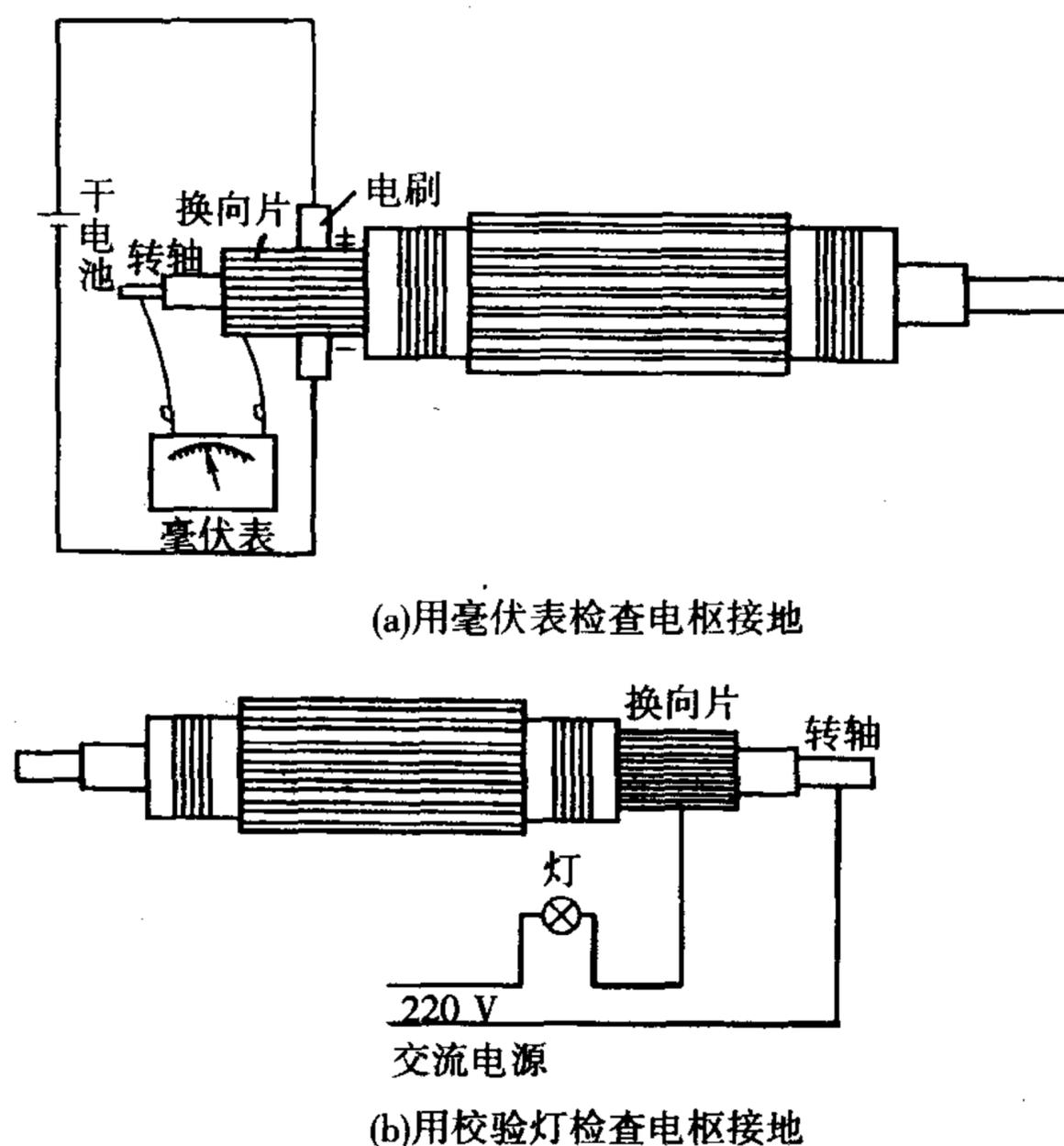


图 2-12 电枢绕组接地的检查方法

隔一小段的两换向片上,然后将毫伏表的一端接于转轴上,另一端接在换向片上,依次逐片移动接于换向片上毫伏表的一端。如是毫伏表有读数,则说明电枢绕组没有接地;若测到某一换向片时,毫伏表指针没有偏转,则表明这换向片或所连接的电枢绕组接地了。

校验灯法与毫伏表法原理相同。将 220V 交流校验灯的一端接于换向片上,另一端接于转轴上。如果灯泡亮了,则说明换向片或电枢绕组接地了。见图 2-12b。

②逐步检查法 电枢接地有可能是电枢绕组部分接地,也有可能是换向器部分接地。通常可以根据火花或烟雾判定接地点位置,如若查找不出故障点,可采用逐步检查法。将绕组相对两换向器的引线拆除,然后用毫伏表或校验灯法分别检查绕组的两部分接地情况,确定接地的部分,再将接地绕组从中部拆开引线,即可找出其接地的 1/4 部分绕组。如此重复即可查出接地线圈及位置,见图 2-13。

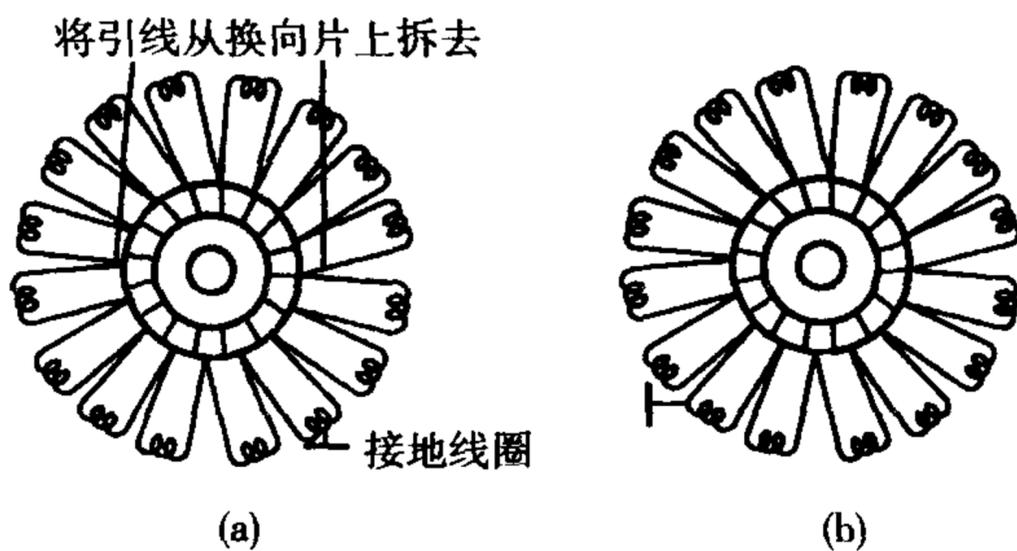


图 2-13 逐步检查法探测接地线圈

③绝缘电阻表法 用绝缘电阻表法可检查绝缘电阻和电枢绕组或换向器接地故障。用 500V 绝缘电阻表的一端接于换向片子,另一端接于转轴上,如果绝缘电阻表指示为零,则表明有接地故障。为区别是换向器接地还是电枢绕组接地,可把所有电刷提起。

(2)电枢绕组短路故障的检查方法

通常采用测试换向片间电压降的方法来检查电枢绕组短路的故障。

测量方法是将低压直流电源接入相邻两个换向片上或相隔一个极距的两个换向片上,用直流毫伏表测量相邻两个换向片间的电压降,见图 2-14。

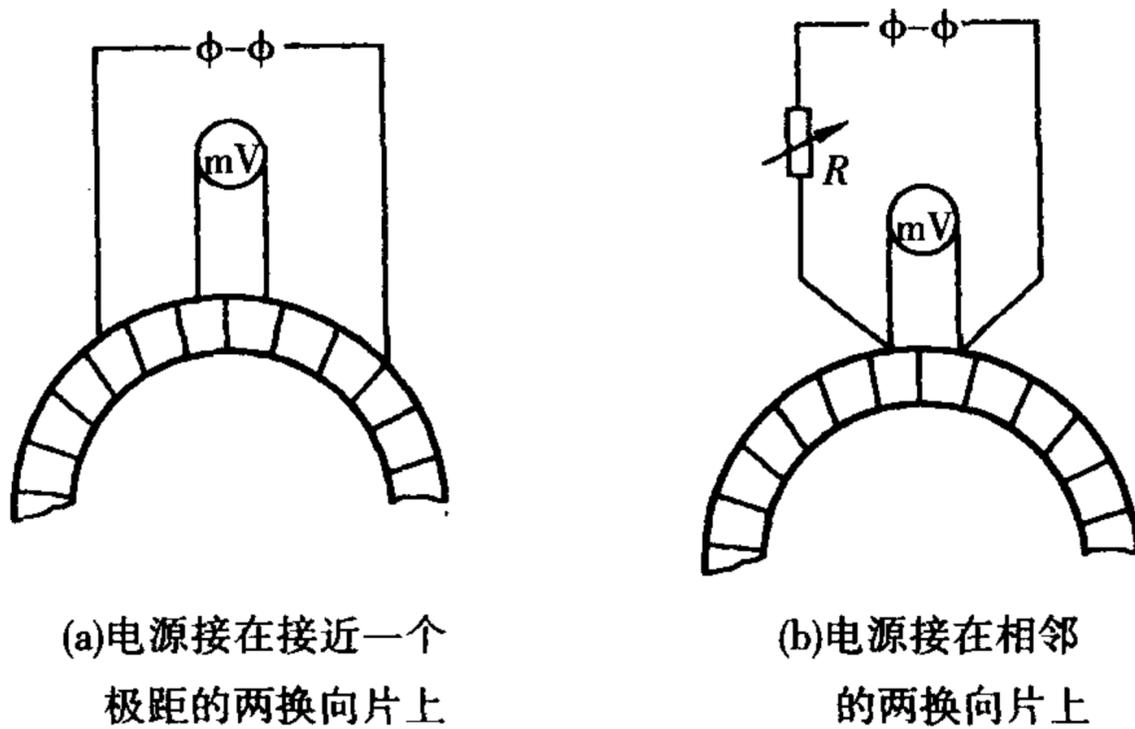


图 2-14 测量片间电压降检查电枢绕组故障

正常情况下,测得换向片间的压降应接近相等,或最大和最小值与平均值的偏差不大于 $\pm 5\%$;若电枢线圈匝间短路或层间短路,则在和短路线圈相连接的环换向片上测得的压降显著降低;若换向片间直接短路,则片间压降为零或很小;若片间电压降值比正常值显著增大,则绕组焊接质量不好。

有些情况下,测量片间的压降呈现规律性变化,这是由电枢绕组均压线造成的正常现象,不要误认为是电枢绕组有故障。

(3) 电枢绕组反接的检查方法

在单波绕组和双叠绕组嵌线过程中由于不够熟练将引线放错而造成误接是电枢绕组反接的主要原因。通常用指南针法和毫伏表法来检查。

①毫伏表法 用毫伏表测量换向器片间电压有异常读数出现时,则该处线圈接反。如图 2-15 所示,在换向片 3,4 之间,毫伏表的读数为负值,在 2,3 之间和 4,5 之间毫伏表读数加倍,则说明相邻线圈接错。

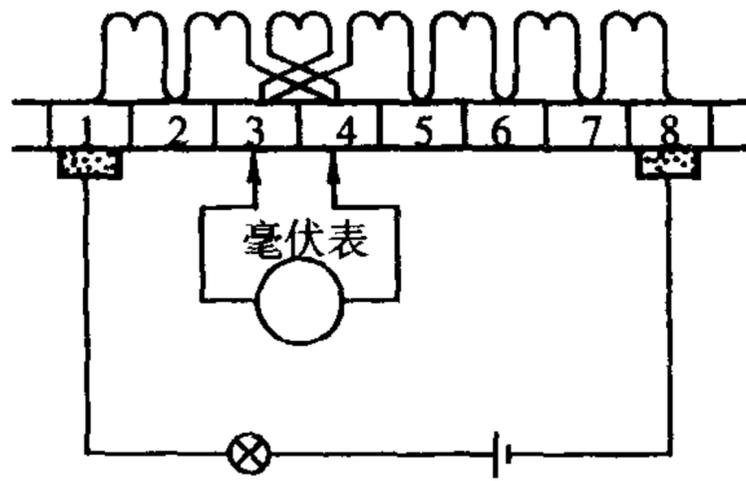


图 2-15 毫伏表检查电枢绕组两个线圈反接示意

②指南针法 用指南针沿通有低压直流电的绕组依次移动,当指南针反向时,表示该线圈反接。

(4)电枢绕组接地故障的修理方法

电枢绕组接地点找出后,应根据绕组接地部位采取适当的修理方法。若电枢绕组接地点在换向片与绕组元件引出线的连接部位,或者在电枢铁芯槽的外部,可在接地导体与铁芯之间加入云母板或聚酰亚胺等薄膜绝缘物;若电枢绕组接地发生在铁芯槽内部或者接地点较多,则需要拆除故障线圈,重新绕制线圈。

(5)电枢绕组短路故障的修理方法

电机电枢短路故障包含换向片之间短路和电枢绕组匝间、层间短路。换向片之间短路将在下一节中介绍。

对于匝间短路的线圈,修理时通常采用加强绝缘处理法。加强绝缘处理是将可见故障点进行绝缘修补。若电枢绕组接地发生在槽口或端部支架上,则可在故障线圈下楔入环氧玻璃布板、云母板或聚酰亚胺等薄膜绝缘材料,并用环氧树脂胶将其线圈与铁芯或端部支架粘牢。

其次,对于匝间短路的线圈,还可用局部修理法来完成修理。用喷灯或烙铁烫开线圈及头套,若为上层边,则仅需翻起一个节距线圈,就可取出损坏线圈重包绝缘或更换备用线圈。

将修复后的线圈复位,如故障依然存在,则还需进行层间故障检查及修理。

2. 电枢绕组的重新绕制

直流电动机电枢绕组的重新绕制在电机修理中常常遇到,当电枢绕组严重损坏时,必须将原绕组全部拆除,重新进行嵌线。下面介绍绕组重绕的工艺。

(1) 拆除旧绕组

在拆除旧绕组前应注意保护绕组,以免变形太大,同时不要损坏电枢铁芯和换向器。应做好标记,标志出一个线圈的两边在槽的位置以及此线圈端头与所焊接的换向片的相互位置。

图 2-16 中 Y_1 是线圈的槽节距; Y_k 是线圈的换向节距; Y_{k1} 是蛙绕组中叠绕组的换向片节距。

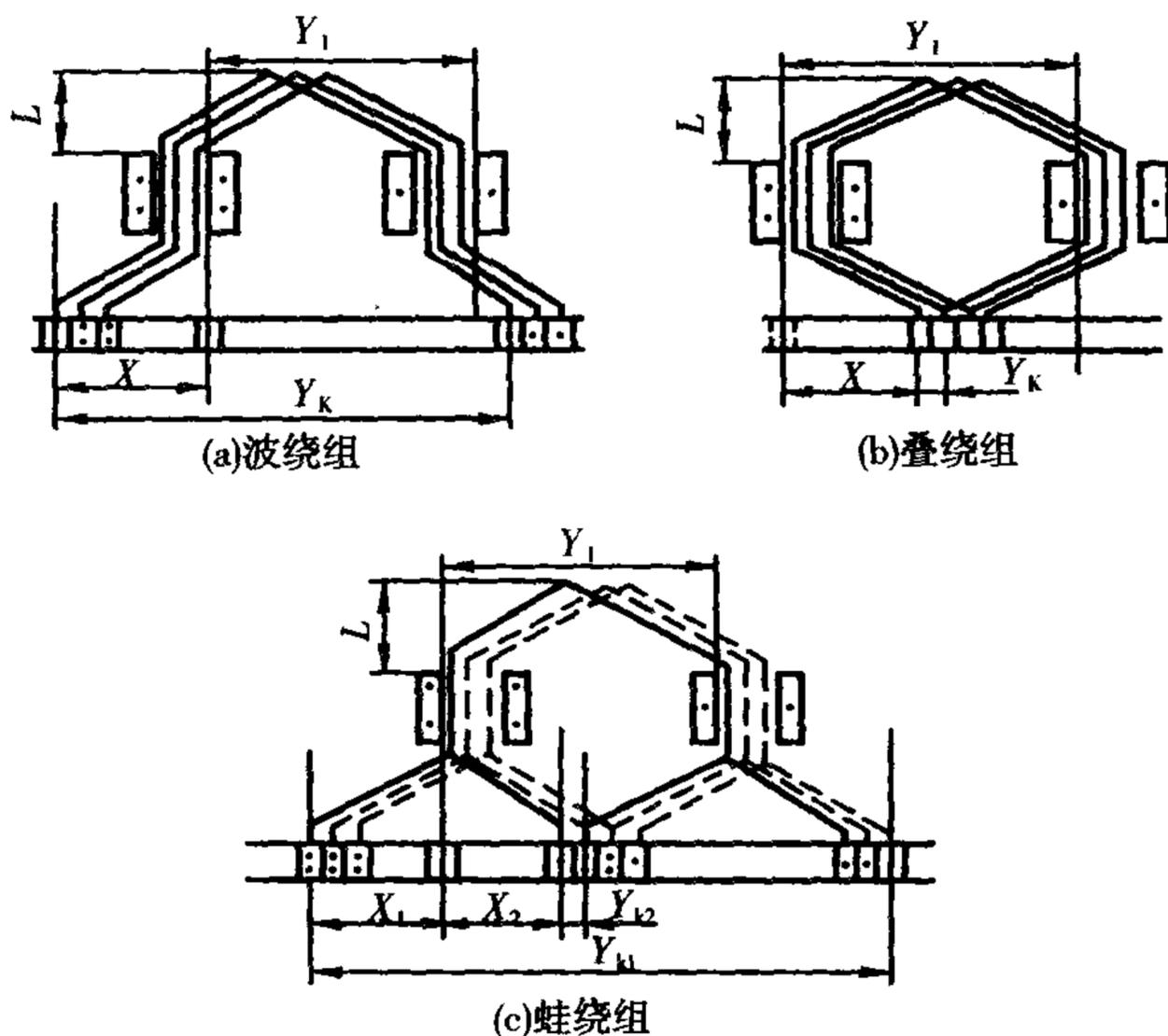


图 2-16 电枢绕组记录草图

① 做好拆除旧绕组的原始记录

记录的内容通常有以下几方面:

② 铭牌数据,如型号、额定电压、额定电流、额定容量、额定转速、

励磁电流、温升、绝缘等级、运行方式、出厂日期及编号、制造厂家等。

⑥电枢铁芯记录,如铁芯外径、铁芯长度、槽数、槽形尺寸、通风槽数、通风槽宽和铁芯轭高等。

⑦电枢绕组数据记录,如绕组形式、线圈数目、线圈匝数、导线规格、线圈槽节距、每槽线圈匝数或元件边数、换向片数、换向片节距、焊线偏移方向下片数、扎线层数和匝数、绑扎线规格或无纬带规格、绑扎宽度和厚度等。

⑧绝缘材料记录,如线圈槽部和端部对地绝缘、匝间绝缘、绕组绝缘规格、层数和厚度以及外包装规格等。

⑨画出电枢铁芯槽形图和电枢绕组接线草图。

⑩测绘线圈尺寸和引线头长度。

在拆除旧电枢绕组时,一般是将电枢吊放在滚动支架上,用绝缘纸将换向器表面包好,轴颈用布或毛毡包好。要保留一个完整的线圈实样,以作为设计绕线模和检查新线圈尺寸时参考。

②拆除电枢绕组的步骤

①去掉线圈两端的绑箍,用专用工具打出槽楔,并做好电枢标记。

②用电烙铁将绕组引线从换向器或升高片上烫开并取出。然后给电枢绕组内通电加热或者将电枢放在烘炉内加热,逐个拆除所有的线圈。对要复用的线圈,要细心拆除,尽量减小线圈变形。在拆线时,要复查原始记录是否正确,标记是否有效。

③清除电枢铁芯,除去槽口、槽内的毛刺及槽中残留的废旧绝缘和残漆,清理端部支架上的废旧绝缘,以及换向片上的残余焊锡、杂物。

④对换向器进行片间绝缘和对地绝缘的检查。

(2)新线圈的绕制

为了绕制新线圈,必需制作绕线模。对于修理单位,所修电机数量很少,可考虑采用木制专用模具。由于线圈又分为软、硬元件,故

绕线模的结构和模心尺寸计算也不相同。

下面介绍绕线模尺寸计算

①软绕组绕线模尺寸计算

绕线模宽度

$$b = y_z t_z \left(1 - \frac{h_z}{D_a}\right) (\text{mm})$$

$$t_z = \frac{\pi D_a}{Z} (\text{mm})$$

绕线模长度

$$l_1 = l_a + 0.4b (\text{mm})$$

$$l_2 = l_a + 30 (\text{mm})$$

- 式中 y_z ——槽节距；
 t_z ——槽距，mm；
 D_a ——电枢直径，mm；
 h_z ——槽高，mm；
 l_a ——电枢铁芯长度，mm；
 Z ——电枢总槽数。

圆弧半径 R_1 取 15 mm, R_2 取 5 mm 左右, 见图 2-17。

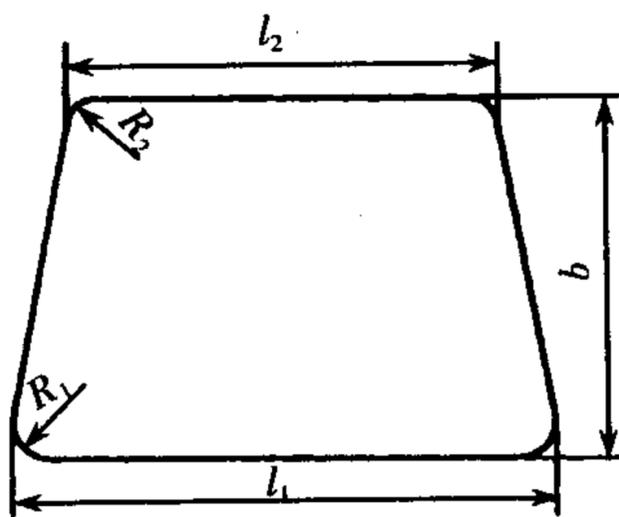


图 2-17 软绕组绕线模尺寸

②硬绕组绕线模尺寸计算

硬绕组绕线模长度

$$l = 1.45\tau + l_a (\text{mm})$$

式中 τ ——极距, mm;

l_a ——电枢总长(包括通风沟在内), mm

硬绕组绕线模示意如图 2-18 所示。

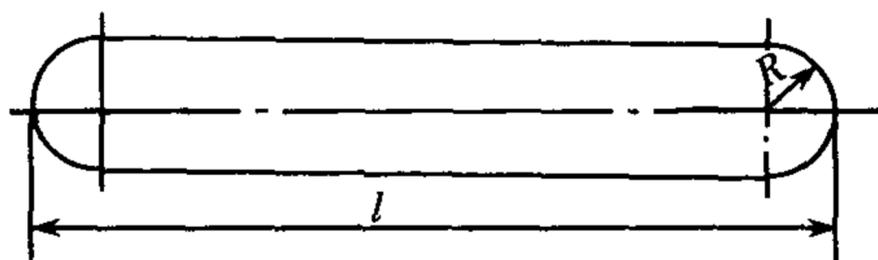


图 2-18 硬绕组绕线模尺寸

(3) 电枢绕组的嵌线

① 嵌线前的准备工作

② 准备好所需材料,如槽绝缘、槽垫条、层间绝缘、支架绝缘、槽楔、玻璃漆管、无碱玻璃丝带和电枢线圈等。准备好所需工具和设备,如电枢支架、大板、刮线板、线压子、尖嘴钳、电工刀、剪刀、锉刀、钢板尺、烙铁、校验灯、毫伏表等。

③ 彻底清理铁芯。仔细检查铁芯槽内残余绝缘和异物,保持槽内清洁;槽口铁芯是否整齐,清除槽内尖棱和毛刺。要求槽底、槽壁铁芯冲片整齐。

④ 整理好升高片和铁芯两端齿压板,并用 220 V 校验灯检查换向片间绝缘。包扎线圈支架绝缘和铁芯压圈上的绝缘台圈,包扎换向器与铁芯间转轴上的对地绝缘。

⑤ 将槽绝缘、上下层线圈垫条、槽楔等试放于一个槽内,保证垫条与槽部贴紧。

② 散嵌软绕组嵌线

① 根据原始记录的标记,在标记槽内嵌放第一个线圈的下层边,把线圈直线部分的线匝捻扁,从铁芯槽的右端倾斜方向将线匝嵌入槽口内,同时慢慢向左拉入槽内。带引线的一匝导线,应最先嵌入槽底。此时活动线圈,使线匝有序排列,无交叉现象。然后穿入层间绝缘,使校正线圈直线部分、槽绝缘、层间绝缘伸出铁芯两端的长度相

等;最后将此线圈的上层边推到一个节距的槽口前,并比一个节距大出半个槽的铁芯表面,再将线圈两端后侧向内下压,使导线排列整齐、紧密。

⑥按换向器标记的节距记号,嵌入下层引线头。为此要先将绝缘套管根部紧靠槽绝缘。套管头端紧靠换向片槽根部,使引线紧贴绝缘支架或绝缘的轴台上,互相靠紧,排列整齐,然后用手锤将线头轻轻调入换向片的槽口底部。要求线头与换向片槽口配合紧密,如果线头太粗,可先用手锤在铁平台上敲扁再嵌入换向片的槽口内。如图 2-19 所示。

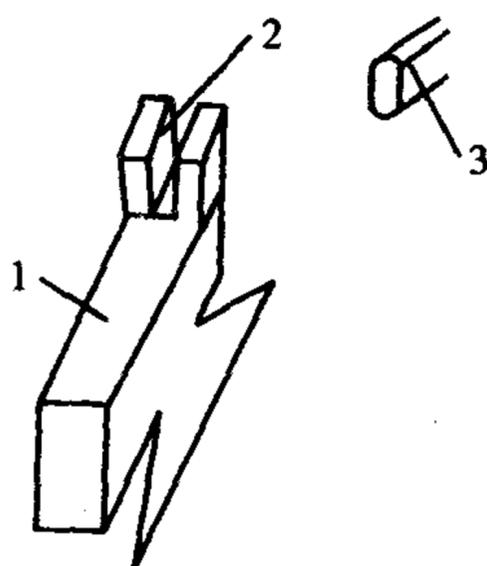


图 2-19 敲扁线头

1—换向片 2—换向片槽口 3—将线头敲扁

⑦多根并绕或不同匝数并绕的线圈引线头,应采用分色套管,以防止交错。引线头嵌入换向片槽后,用 2 倍于换向器周长的无碱玻璃丝带 2 根将线头靠近换向器的槽根部位进行保护编织。见图 2-20。

⑧依次嵌完第一个节距线圈在的下层直线边和下层引线头。每嵌入一个线圈,应在两端部垫好端部层间绝缘,整理形状,使排列整齐、紧密。当嵌完一个节距数的线圈后,可按节距开始在第一个线圈的下层边上嵌放上层直线边。先将上层直线边的线匝捻扁,用理线板将线匝埋入槽内;然后将上层引线头的一匝导线排在槽内导线的最上面。修剪高出槽口的槽绝缘,用线压子将导线包在槽绝缘内,并

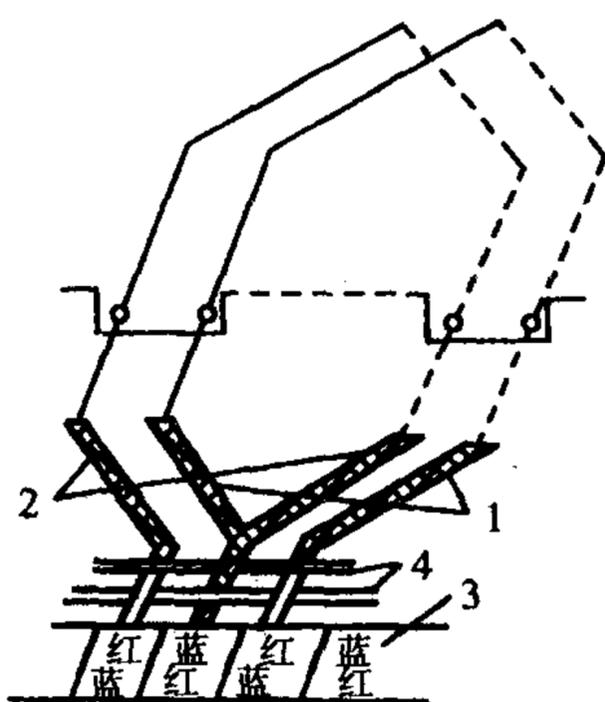


图 2-20 不同匝数并绕的线圈接线方法

- 1—第一匝引线套蓝色套管 2—第二匝引线套红色套管；
 3—换向片槽内引线排列（同槽上层蓝红蓝红……下层红
 蓝……） 4—两根无碱玻璃丝带的编织保护

打入槽楔，将引线套管压在槽楔下。在线圈两端垫好层间绝缘，整理好形状，并用打板整理好两端部形状。

⑥每嵌完一个线圈，要用低压校验灯检查上、下层引线头排列顺序是否正确。最后将上层引线头理直折回，使之贴在槽口上部，准备以后一起恢复嵌槽。按上述方法将其余线圈嵌入槽内。

⑦当下层线圈边嵌至与第一个节距的上层线圈边相遇时，必须要把原上层线圈边向后翻起一定高度，使下层线圈边继续嵌入槽内，依次嵌入其余的所有下层线圈边。这时，将第一个节距翻起的上层线圈边逐个放下来，嵌入槽内。

⑧全部槽楔打入后，要整理线圈端部形状，修剪端部层间绝缘纸，使其伸出线圈外 3 mm 左右。

⑨用 220V 校验灯测换向片间绝缘。检查上下层线头排列是否有交错现象。

⑩做对地耐压试验。把标记的第一个线圈的上层引线按标记的换向片位置，弯好形状，顺序排列引线，整理引线套管，再将线头轻轻

敲入换向片(或升高片)槽内。然后用低压(24 V 或 36 V)校验灯逐个检查线头是否正确。最后用无碱玻璃丝带包扎好线头的绝缘。

①整理好上层引线排列,要敲打平整,并做好焊前保护措施,切断上下层线头伸出换向片槽口的多余部分。最后测片间电阻和做耐压试验。

③成形硬绕组嵌线

②做好如上所述的准备工作,按照原始记录所做的标记嵌放第一个线圈的下层边。线圈下层边的引线头插入标记好的换向片端口或升高片的并头套内。嵌放下层边导线时,要将线圈拿平,用手轻轻压入槽内,再用木打板将线圈边轻轻打入槽底;同时将该线圈的上层边暂时放在距离为一个节中的槽内。这时整理线圈端部形状,使线圈下层边帖服于绝缘支架上,要求端部伸出铁芯长度相等。

③按上述方法嵌入第一节距的其余线圈的下层边,使线圈之间排列整齐,间隙均匀,帖服于绝缘支架上。边嵌边垫好端部层间绝缘,并要求各层间的绝缘接缝位置错开 20 mm 距离。

④嵌第二个节距线圈,查准相应的换向片节距和线槽节距,垫放槽底绝缘垫条以及第一节距线圈的下层边上面的绝缘垫条(即层间绝缘)。先把线圈的下层边放入槽内,然后把上层引线头插入相应的升高片并头套内,把上层直线边放在相应槽内,校正两端长度后,用手把线圈边压入槽内,并用打板打紧,使上下层导线紧紧地贴在一起。然后垫上层引线层间绝缘,整理端部形状,再用低压校验灯检查换向节距的并头连接是否正确。最后按上述方法嵌入其余线圈的上下层边及引线并头。

⑤嵌最后一个节距的线圈,将临时嵌放在槽内的上层边逐个轻轻抬起,使被抬起的上层边与铁芯表面有一个能使下层边嵌放的距离,按上述方法,依次嵌放所剩圈,最后将被抬起的上层边再逐个如法嵌放,要求节距正确,端部尺寸符合要求且整齐。

⑥用扁嘴钳整理升高片与并头套位置和形状,使间距均匀;测片间电阻,应符合要求;检查接线是否正确;然后,在并头套之间打入临

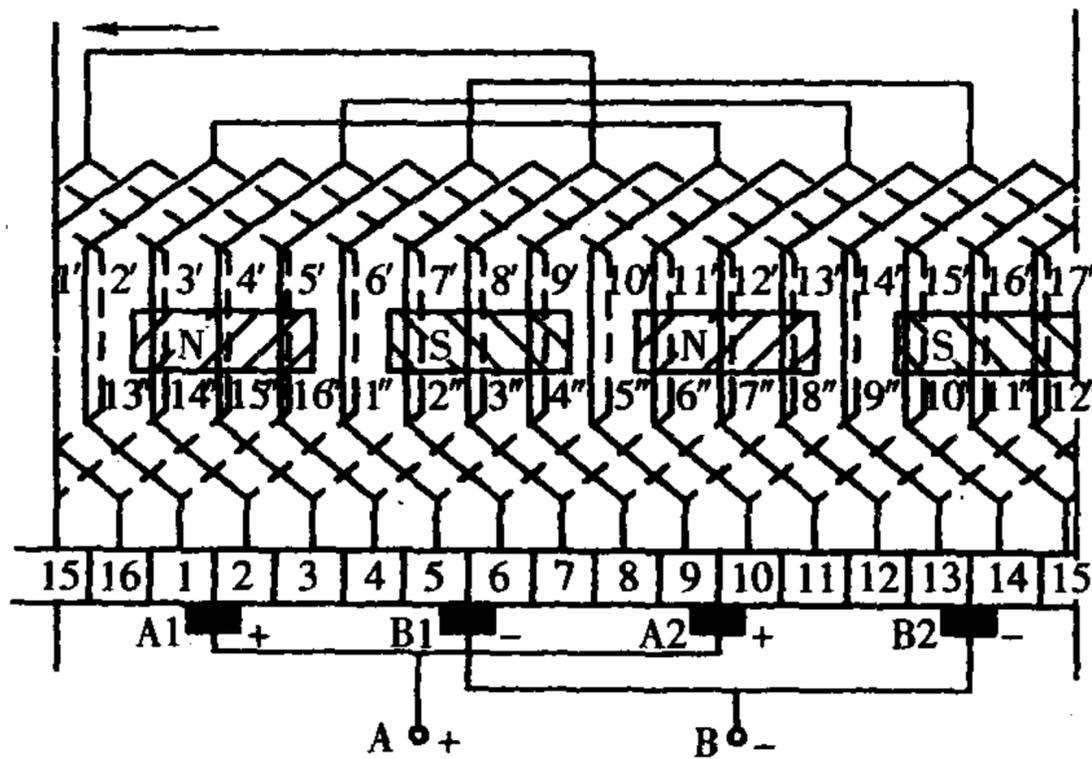
时木楔片,插入高度达到一半时打紧,注意不能把升高片打弯变形。

④手持电动小铣刀片切割伸出并头套外引线的多余长度。切割后,用锉刀修整切割线头后的毛刺;然后将搪过锡的并头楔打入并头套内的引线间。要求并头楔与并头套内引线头接触严密,其长度与并头套宽度应相等。最后用压缩空气吹干净后做阶段耐压试验。

(4)电枢绕组接线特点

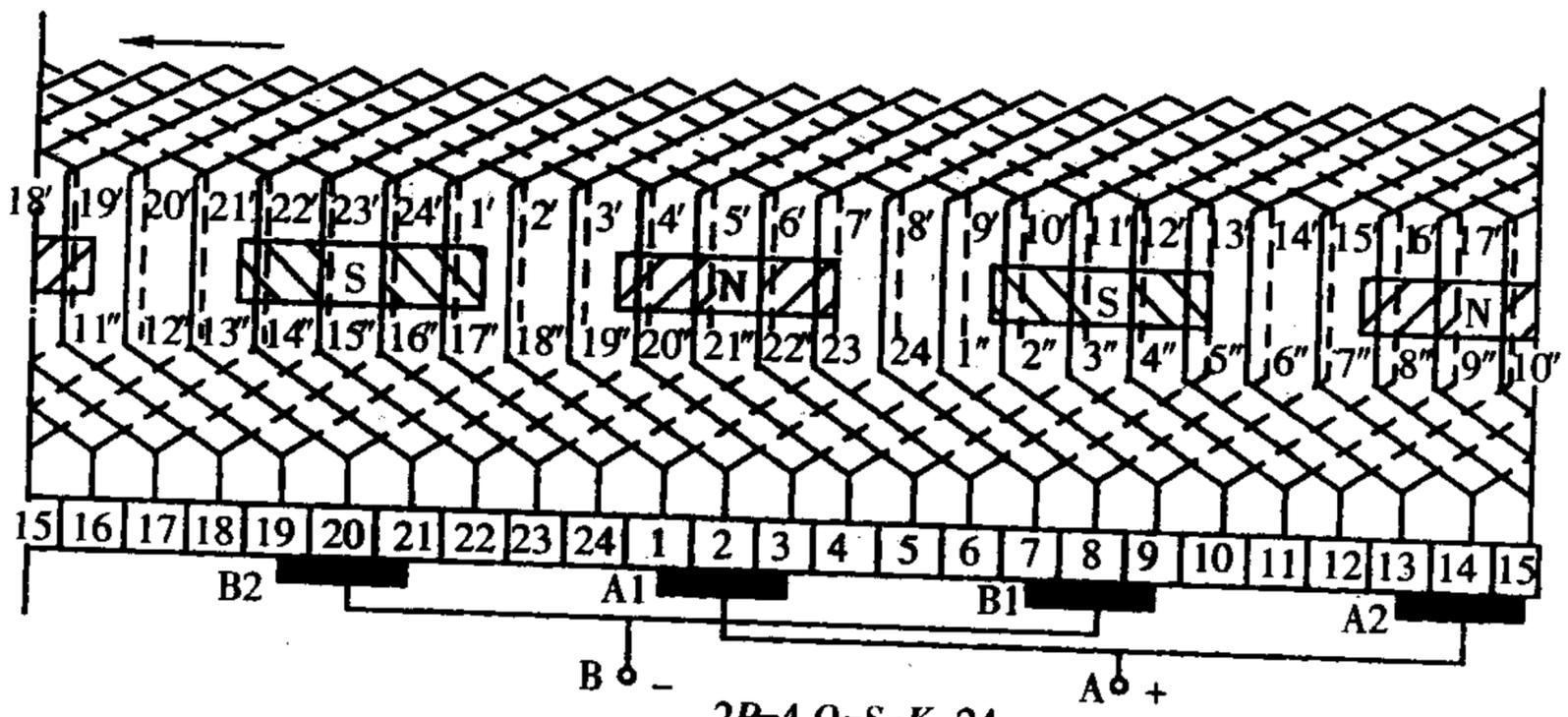
①单叠绕组的接线特点

图 2-21a 所示是 4 极电机的单叠绕组,具有 16 个线圈元件。它的连接方式是先将第一个元件线圈的下层边引线端与其相邻第二个元件线圈的上层边引线端一起焊接在一个换向片上;然后按相同次序连接下去,一直到最后一个元件线圈的下层边引线端与原始第 1 个元件线圈的上层边引线端焊在最后一个换向片上,构成闭合回路。因此,在连接前,要做好标记,如绕线方向、线圈节距等,并画出接线草图。在接线时要对照草图和原始记录进行检查。



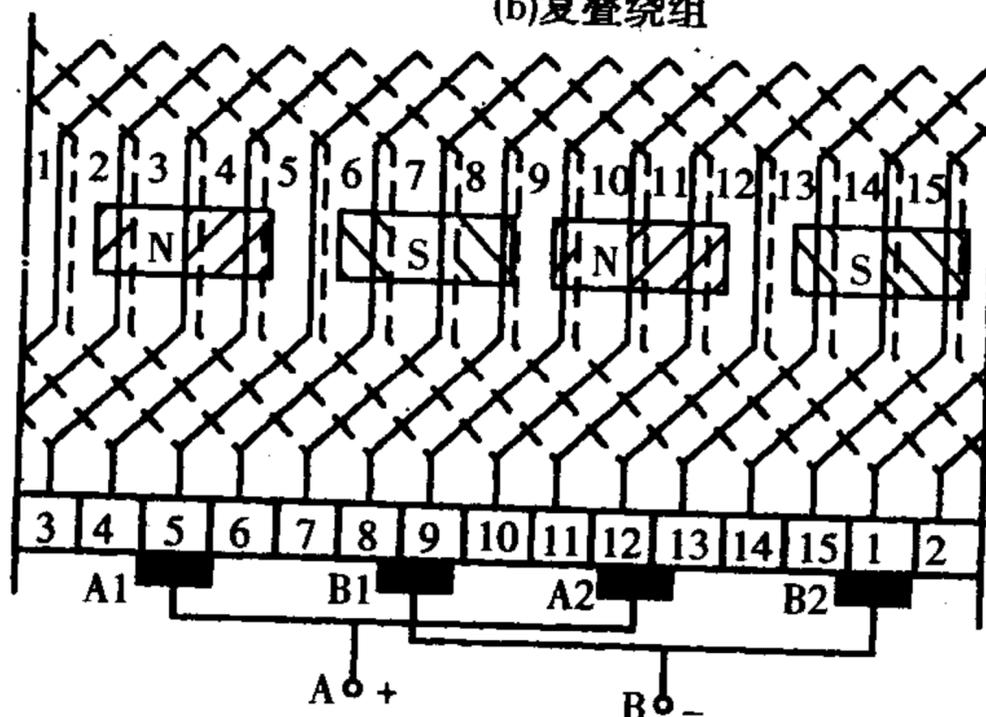
$$2P=4, Q=S=K=16$$

(a)单叠绕组



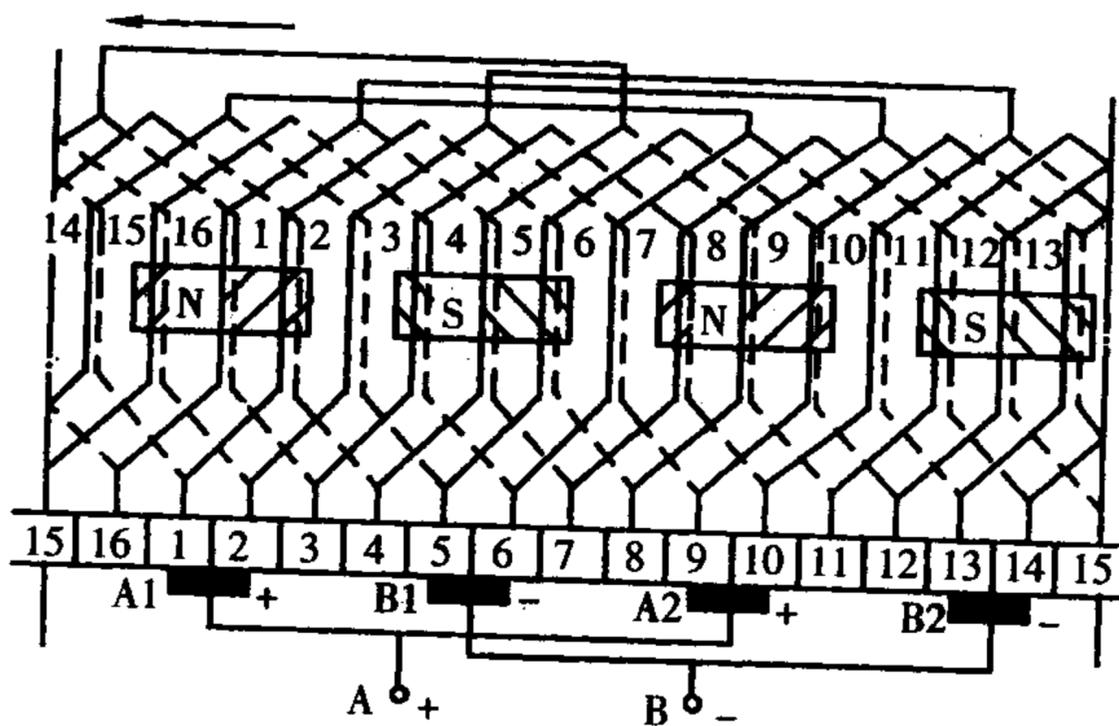
$$2P=4, Q=S=K=24$$

(b)复叠绕组



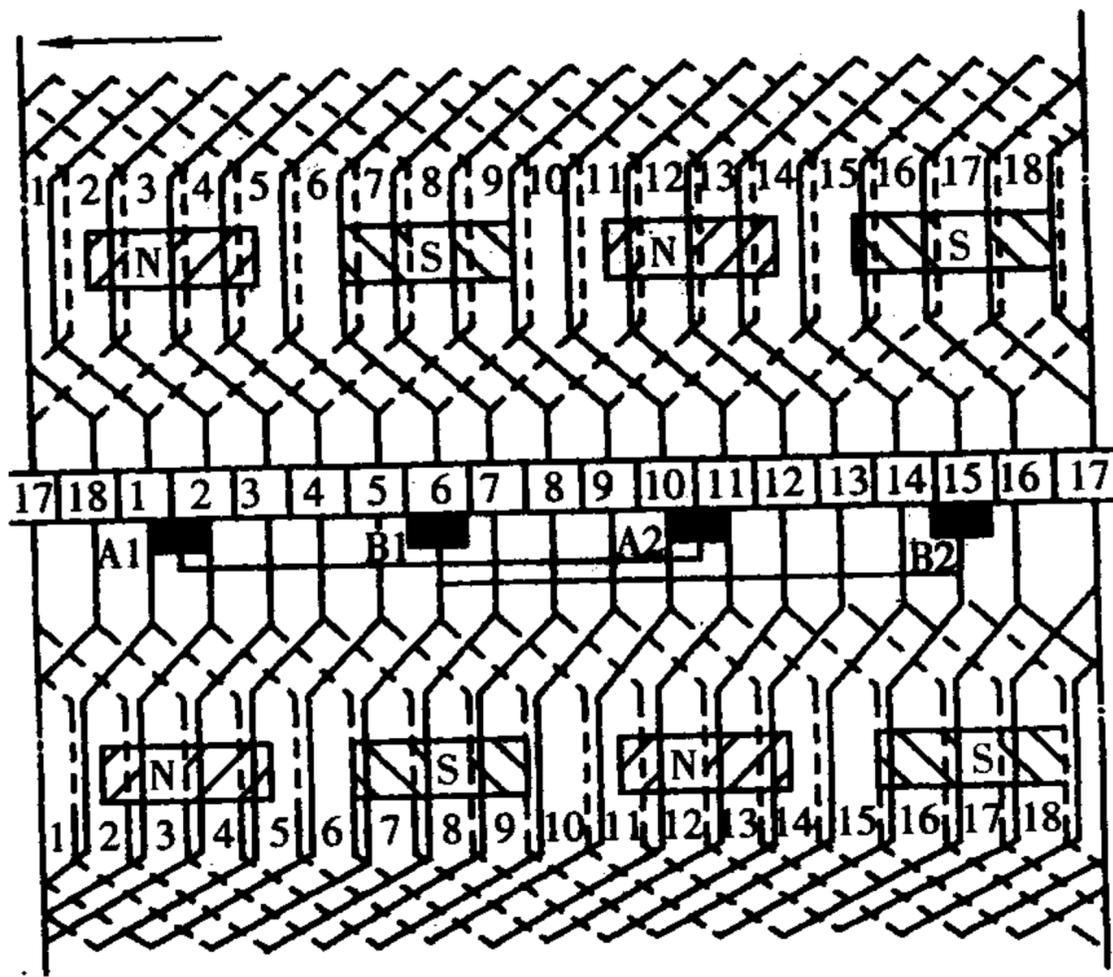
$$2P=4, Q=S=K=15$$

(c)单波绕组



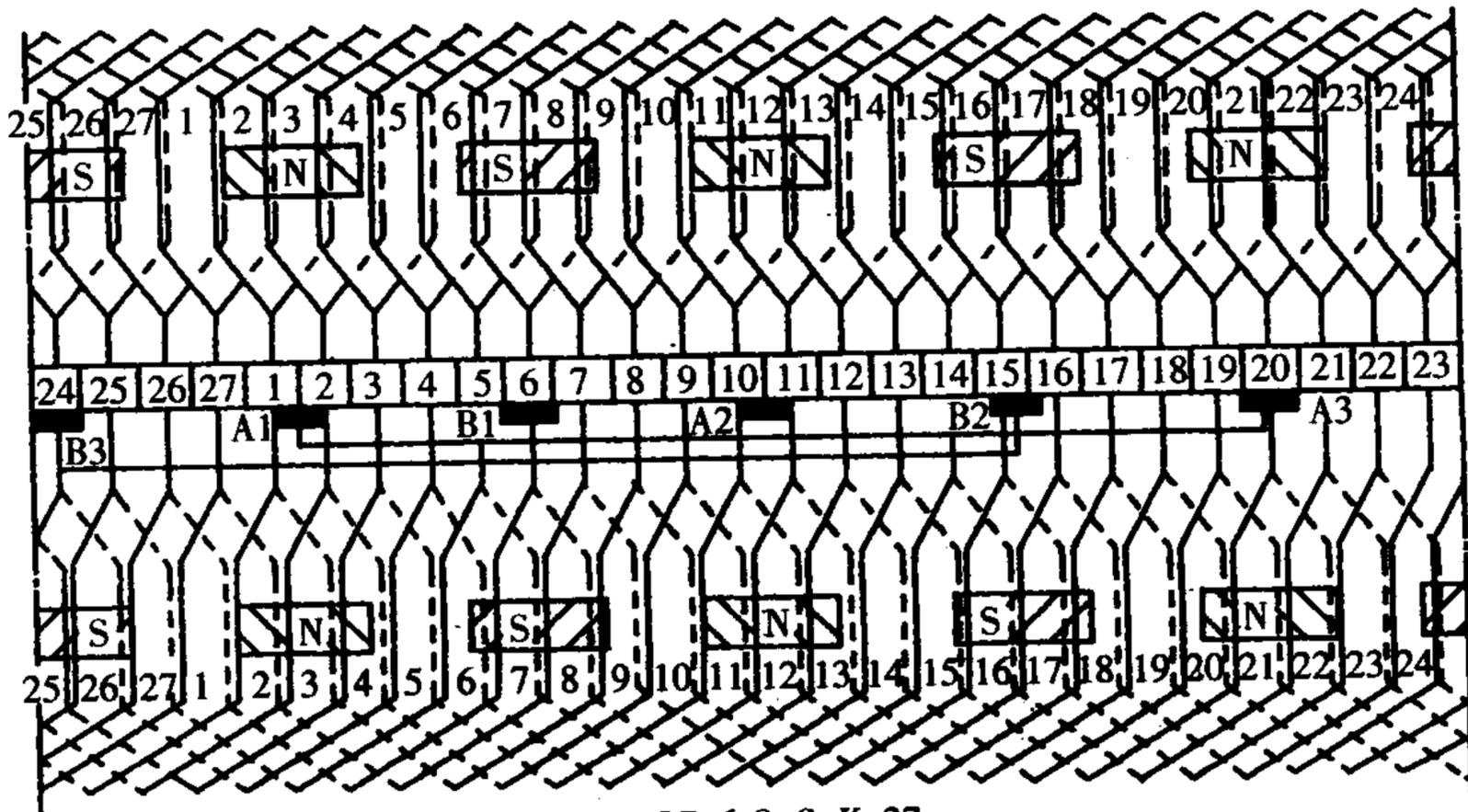
$$2P=4, Q=S=K=16$$

(d)复波绕组



$$2P=4, Q=S=K=18$$

(e)单蛙绕组



$$2P=6, Q=S=K=27$$

(f)复蛙绕组

图 2-21 不同类型绕组的展开图

Q—转子槽数 K—换向片数 S—绕组元件数

②复叠绕组的接线特点

图 2-21b 所示是 4 极电机的复叠绕组,它具有 24 个线圈元件。它与单叠绕组的区别在于换向器节距不是 1,而是 2 以上(本例为 2),即为双叠绕组。元件线圈 1 的下层边引线端不是与元件线圈 2 连接,而是与元件线圈 3 的上层边引线端接到一起,被跳隔开的偶数元件线圈构成一单叠绕组,而奇数元件线圈又构成另一个单叠绕组,各自形成一个闭合回路,最后通过电刷并联在一起,成为双闭路复叠绕组。

如果元件线圈数和换向片数均为奇数,则绕组要通过所有元件和换向片后才闭合,形成单闭路复叠绕组。

③单波绕组的接线特点

图 2-21c 所示是 4 极电机具有 15 个线圈元件的单波绕组。其绕组元件 1 的起端连接到换向片 1 上,其元件一边放在 1 槽的上层,而元件的另一边放在 4 槽的下层,其末端连接在换向片 8 上;元件 2 的起端连接在换向片 8 上,其元件一边放在 8 槽的上层,元件的另一边放在 11 槽下层,其末端连接在换向片 15 上,依此顺序排列下去,直至全部线圈元件连接闭合为止。

这个绕组连接的特点是:所有 N 极下的元件(包括其在 S 极的下层边)串联起来,组成一条支路;所有 S 极下的元件(包括其在 N 极的下层边)串联起来,组成另一条支路。总共有两条并联支路。单波绕组中,并联支路数与磁极数无关,即 $2a=2$ 或支路对数 $a=1$ 。

④复波绕组的接线特点

图 2-21d 所示是 4 极电机具有 16 个线圈元件的复波绕组展开图。它的实质相当于两个或两个以上的单波绕组交叠在一起,并靠电刷并联起来工作。它和复叠绕组一样,也有单闭路和双闭路两种。

⑤蛙绕组的接线特点

如图 2-21e、2-21f 所示,表示蛙绕组的展开图。蛙绕组又称混合绕组,是将叠绕组和波绕组同时嵌在一个电枢转子内,两套绕组在每个换向片上并联焊接起来,所以每个换向片上焊有四个线头,其

中两个属于波绕组,另两个属于叠绕组。这种绕组特点是:两种绕组互起均压作用。对叠绕组而言,波绕组起甲种均压线作用;对波绕组而言,叠绕组起乙种均压线作用,所以蛙绕组不需另加均压线。

四、定子励磁绕组的检修

1. 定子励磁绕组常见故障及检查

常见的定子励磁绕组故障有定子励磁绕组匝间短路、励磁绕组接地(对地击穿)以及绕组连接极性接反等。

(1) 定子励磁绕组匝间短路故障的检查

①交流降压法 一般情况下,采用交流降压法进行检查。这种方法的优点是不需抽心和将励磁绕组拆开,只要给励磁绕组两端通入 220 V 的交流电,用多用表电压挡的触针分别测量每个极包的电压降,若各极包线圈的电压降几乎相等,则说明不存在短路故障;若有个别线圈电压降很小,则说明这个极包线圈有短路故障。

②电阻检查法 直流电动机中的定子励磁绕组完全相同,则其电阻值亦相等。用多用表电阻挡测该电动机各极包线圈的电阻。若其中某一线圈的电阻值很小,则说明该线圈有短路故障。

(2) 定子励磁绕组接地故障的检查

通常情况下,励磁绕组或其他定子绕组接地时对电动机工作特性影响不大,接地保护会动作起来,报警,接地严重时(如两点及以上接地)则绕组会因局部短路而发热烧毁。

接地的检查一般可以采用试灯法:首先将该直流电动机的机座接地,再将一个串接于灯泡的交流电源,一端接触在铁芯上,另一端接触定子励磁绕组的引线,随着灯泡发亮的一瞬间,看到火花或烟雾,则说明此处即为接地点故障点。

(3) 定子励磁绕组接反故障的检查

当励磁绕组方向接错时,则电动机启动困难,甚至不能启动。可用指南针法来检查:在励磁绕组中通入 10% 左右的励磁电流,用指南针靠近磁极端部测试极性,从而可查出接反的线圈,如图 2-22 所

示。用右手螺旋定则判断磁场的方向,从图 2-22a 可以看出,它的磁场是从一个极出来向另一个极进去,所以是正确的。而图 2-22b 的磁场方向均为进入磁极,所以是错误的。

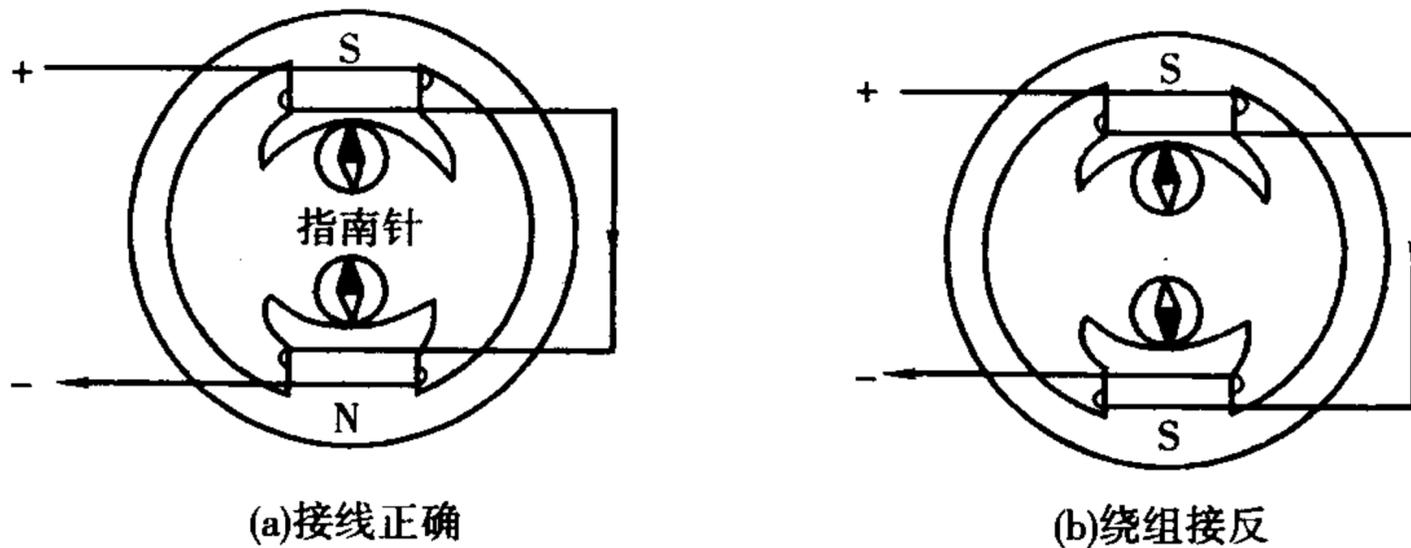


图 2-22 定子绕组的接法

2. 励磁绕组故障修理

励磁绕组的修理可分为局部处理和线圈重绕两种。

(1) 局部处理

表面断线或短路时,可去掉损坏的几匝,即先剥开外包绝缘层,把损坏的线匝去掉,然后用同规格的导线对接上补绕足够的匝数。焊好引线片,再用玻璃丝带扎紧,重新涂漆烘干。

(2) 线圈重绕

当线圈内部短路、线圈接地使线圈烧毁或线圈老化时,均需要重新绕线。

① 拆卸定子

② 用内径千分尺测量磁极中心处的径向距离和主极间的距离,做好记录。

③ 记下各电缆线的连接关系及各引出线标志,绘出接线草图。

④ 测定各磁极绕组的极性并做好记录。

⑤ 松开磁极紧固螺栓,逐个取下磁极。同时注意记录各磁极和机座间垫片的种类、厚度和数量,主机垫片用以调节电机转速。换向极垫片分磁性(硅钢片)和非磁性(黄铜片)垫片两种,分别用于高速

换向极的第一和第二气隙。这些垫片在重装时务必保持原样。

③从磁极上取下线圈支撑、上绝缘托板、线圈、下绝缘托板,记录相应位置。

②绕制励磁线圈

①并励绕组的绕制。制作绕线模是绕制并励主极绕组的前期工作。线模由模心和挡板两部分组成,如图 2-23 所示。绕线模的尺寸可根据原绕组的尺寸或直接测量磁极铁芯而定。考虑到绕组、绕组间隙及垫放绝缘等因素,线模长、宽要比主极铁芯适当大些,确定线模尺寸的经验数据如表 2-8 所示。

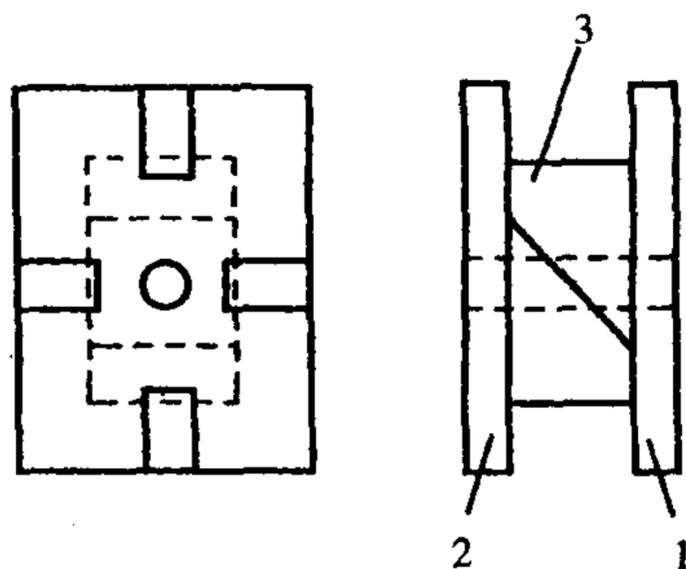


图 2-23 励磁绕组的线模

1—前挡板 2—后挡板 3—分瓣活络模心

表 2-8 线模尺寸/mm

磁极铁芯长	模心比铁芯放宽	模心比铁芯放长
100 以下	6	8
100~200	7	10
200 以上	8	12

一般并励绕组的匝数较多。因线圈的匝数和线径与产生的磁动势大小有关,所以绕线前应核实线径、匝数与原绕组的线径、匝数是否相等。

绕制时先将线模固定在绕线机上,检查绕线机动作是否灵敏,记

圈器调零,空车试转。待合格后,才能开始绕线。在挡板上开槽处放置绕组扎带,如图 2-24 所示。开始绕线,绕到一定层数时,将各边上的扎带扎一次,然后再绕。当绕过线圈宽度的 $1/4$ 或 $1/5$ 处时,拉紧各边上的扎带,这样隔几层(或一层)扎带回扎一次,直至结束。当绕到最后一层时,把扎带弯成扣形,压住最后一根导线,以防线圈脱模时松散。

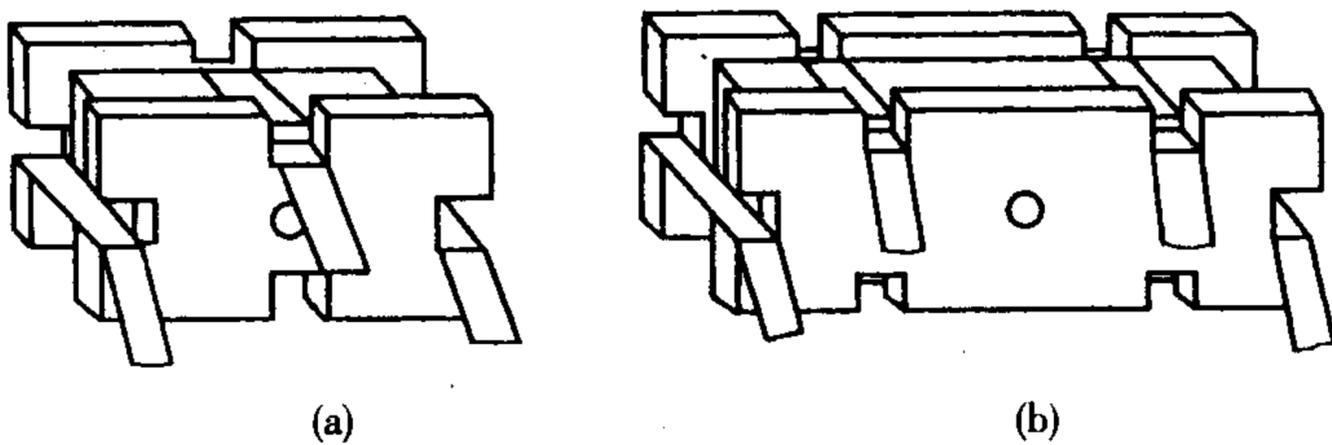


图 2-24 绕组扎带的安装

线圈的绕制方法有两种:一种为混绕法,它适用于导线直径为 0.5 mm 以下的线圈,绕线时需用手拉紧导线,故导线排列不容易整齐;另一种为齐绕法,它适用于 0.5 mm 以上的线圈,绕线时排列整齐,齐绕法绕第二层时,要使导线绕在第一层导线排列的缝隙内,这样可使整个线圈紧固服帖。

⑥ 串励绕组的绕制。串励线圈的绕制方法随所用导线不同而异,一般采用平绕法,绕制方法基本上与一般线圈相同。

为使绕组引线头连接方便,而且不致使引线线头从里向外拉,造成短路,要求内外两根引线的线头都放在绕组外层表面,这样进行正反面绕线。因此,要预先计算好线圈的匝数、层数和每层匝数。例如,串励绕组绕圈共有 16 匝,每层 4 匝,共 4 层,用绝缘扁导线绕制,如图 2-25 所示。

绕线次序如下:先取 4 匝导线的总长度在绕线模上反绕第 4、3、2、1 匝,随手把第 1 匝的线头扎住;然后顺绕第一层的第 5、6、7 匝,再继续依次顺绕第二层、第三层、第四层。但须注意第二层、第四层

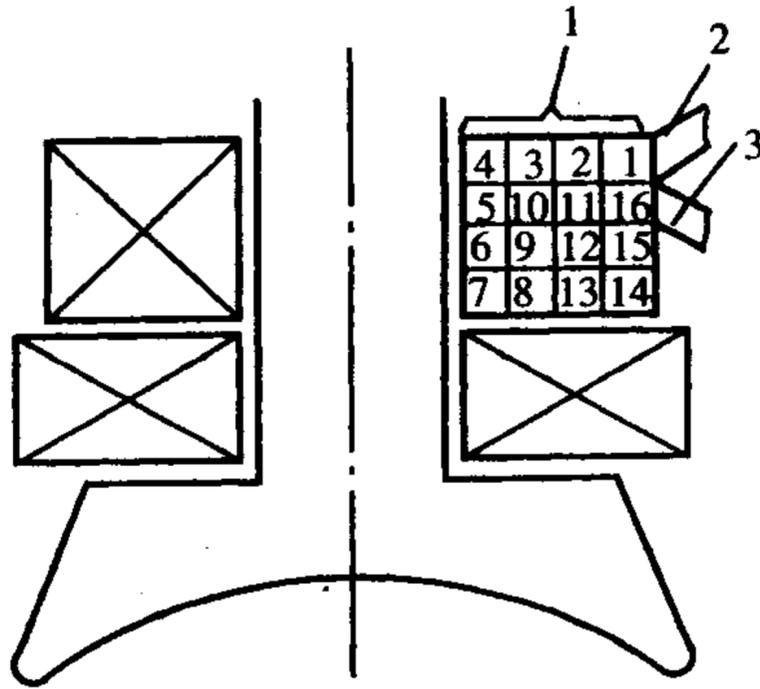


图 2-25 串励绕组顺反绕法的次序

1—反绕 2—首端 3—尾端

的导线绕线次序与第一层、第三层相反。这样安排绕线次序就能使线圈的首尾引线端都在外层表面上。

③ 定子装配

① 将修理好的零部件清理干净,并将机座轴向立放,下面垫放方木。

② 主极、换向极装配时,每只按拆卸时对应的零部件数量装在铁芯上。

③ 按原对应位置将装配好的主极用尼龙绳或外套橡皮管的细钢丝吊起,放入机座内部,用螺栓将主极固定在机座上,并初步紧固好;在机座与磁极之间插入原有的磁极垫片,调整主极内径,并同时考虑到主极内径与机座止口的同轴度要求。控制每个磁极中心位置与机座内壁的距离,使之相等。调整后再紧固螺栓。

④ 将换向极装在机座内,其方法与主极装配相似。

⑤ 按拆卸时画的连接图,装连接线和电缆引出线,并包好绝缘。

五、换向器的修理

1. 换向器的结构

换向器主要由云母片、换向片组成,其结构如图 2-26 所示。

2. 换向器常见故障的检修

换向器是直流电机的重要部件。由于它的零件很多,结构复杂,所以在电机运行中易出故障。下面介绍换向器常见故障的修理。

(1) 换向器片间短路

所谓换向器片间短路,就是在换向器上相邻的两换向片之间出现短路相接现象。换向片之间短路,会使得换向器表面出现较大火花;短路严重时,换向器表面会产生环火。

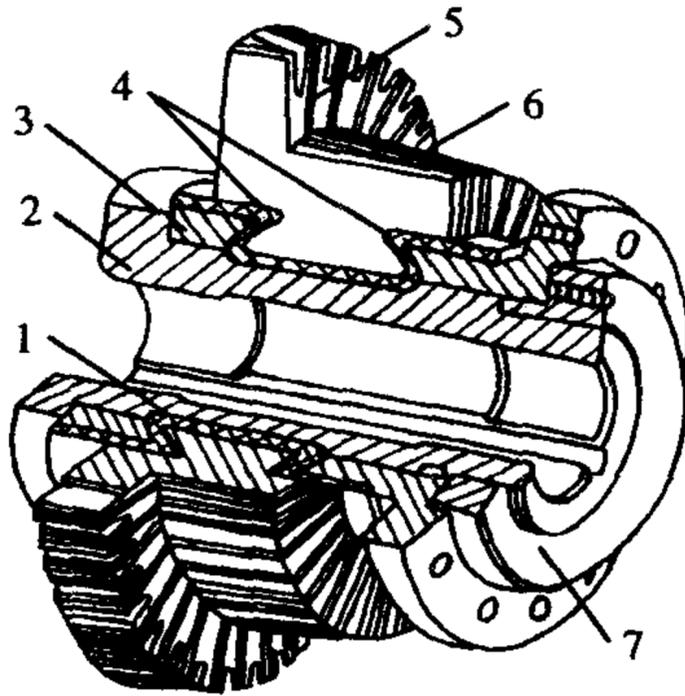


图 2-26 普通换向器结构

1—绝缘套筒 2—钢套 3—V形钢环 4—V形云母环;
5—云母片 6—换向片 7—螺旋压圈

换向器片间短路的修理如下:

①用清槽片清理 当电枢绕组由于短路故障而烧毁时,一般用观察法即可找到故障点。为了要确定短路故障发生在绕组内部还是在换向片之间,应与换向片相连的绕组线头脱开,然后用校验灯检验换向器片间是否短路,如在换向片表面发现短路,或火花烧灼伤痕,通常应用图 2-27 所示的清槽片刮掉片间短路的金属屑、电刷粉末、腐蚀性物质等,直至用校验灯检验无短路即可。并用云母粉和虫胶或云母粉、环氧树脂和聚酰胺树脂(650)混合成糊状,然后填入凹槽里,使其硬化干燥。

②清理换向片组的 V 形槽及 V 形环 如果在仔细清除外部片

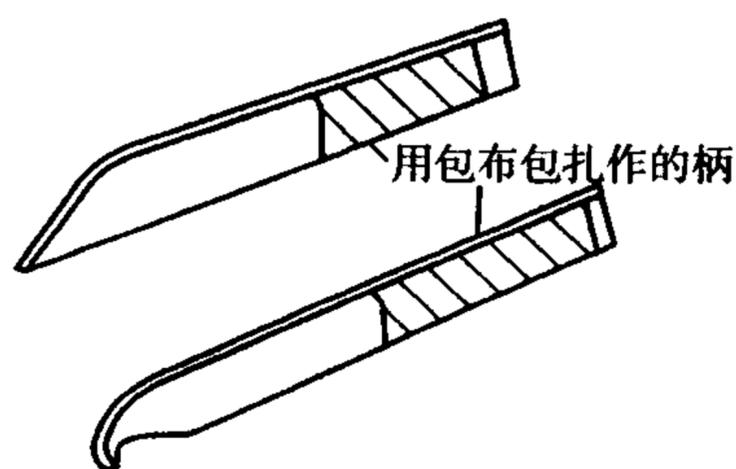


图 2-27 清槽片

间杂物之后,仍不能消除片间短路,这时就得把换向器拆开,仔细清理换向片组的 V 形槽及 V 形环。在拆开换向器前,应先在换向器外圆包一层 0.5~1 mm 厚的弹性纸作衬垫绝缘,并在故障处做好标记,然后套上叠压模,再把换向器拆开。进一步检查换向片间、V 形槽表面及 V 形环的故障,根据不同故障分别进行处理。

③更换片间云母片 如用上述方法仍不能消除片间短路,则只能更换片间云母片。更换片间云母片的方法如下。

把上述拆开的换向片组放在平板上,在发生故障的换向片间做好标记,再用橡胶圈把它箍紧,然后拆除钢丝箍或无纬玻璃丝,用磨成锋口的宽锯条的一段插入故障片间,松动后抽出有故障的换向片,而且插入与故障换向片同一规格的新换向片,如图 2-28 所示。换

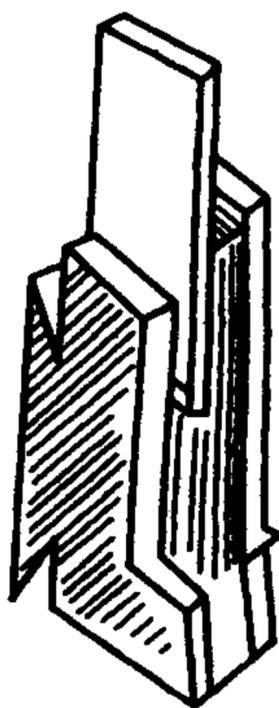


图 2-28 将磨成锋口的锯条刀插入故障片间

向片换好后,再用铁箍(内垫厚纸板)将换向片组箍紧。把换向片组加热到 $165^{\circ}\text{C} \pm 5^{\circ}\text{C}$,拧紧螺钉做第一次箍紧,冷却后用校验灯检查片间短路故障是否已经消除。若未消除,则应仔细寻找故障原因或重复上述工作;若已消除片间短路则进行装配。

(2)换向器接地

换向器接地又称换向器对地击穿,是指换向器的换向片与压圈或套筒相通。

在换向器上若有两片以上的换向片接地,便会引起电枢绕组短路,使电枢发热,甚至烧毁线圈。此外,电刷会产生强烈的换向火花。因此,及时检查出换向器接地点,并且必须及时进行修理。

引起换向器接地的主要原因有:换向片 V 形云母环外露部分积存导电粉尘、油泥,使换向片与铁套筒或转轴连接,对地击穿;V 形云母环的 3° 面缝隙有脏物、金属屑或炭粉,使换向片在电压作用下击穿 V 形云母环,从而引起接地。

通常用校验灯法来检查换向器是否接地:将 220 V、60 W 灯泡串在电枢转轴和换向器之间,使灯泡一端固定在转轴上,另一端在换向器上移动,逐片试验,灯泡不亮的换向片则表示没有接地;灯泡发亮的换向片表示接地。

换向器接地的修理如下。

①清理 V 形云母环外露部分 用电工刀将有油污和炭粉的绝缘层彻底清理干净,用毛刷刷去云母环外露部分的积灰和污垢;如果不能刷除时,应用酒精或汽油擦洗。再检查接地情况,如故障消失,则用 B 级胶粉云母带或无纬玻璃丝带包扎,并刷上 B 级胶,同时外部再刷一层灰磁漆 1321。若故障没有消除,则需要进行换向器内部处理。

②拆下换向器的压圈,取出 V 形云母环 首先要记好换向器压圈与换向片端面的相互位置,然后取下定位螺钉,拧下螺栓,取出压圈和 V 形云母环,在与故障相应的位置上下进行清理并检查云母环、V 形槽和压圈。如有烧痕要清除,进行修补。

再试绝缘电阻,若故障还没有消除,则需将全部的线圈引线 with 换向片脱开,仔细检查换向片另一端的 V 形槽。

③取下换向器进行解体 打开端部的绑箍,用绝缘纸将换向器表面包好,并用钢丝将换向器捆住,最后将电枢绕组与并头套的焊接点烫开,使绕组与换向器分离,同时做好详细记录。

将绕组焊接头抬起,拆下换向器。将铁压圈拆下,取出 V 形云母环进行检查和修补。

④V 形云母环的修补 首先将 V 形云母环清理干净,并且在清理部位削出坡口,然后用酒精擦拭坡口周围,涂上虫胶或环氧树脂,修剪换向器塑型云母板,贴在清理好的烧伤缺口部位上,再用熨斗熨平。在其外表面涂一层虫胶或环氧树脂,再熨帖一层塑型云母板,使 V 形云母环厚度均匀,在做对地耐压试验合格后,即可装配。

(3)换向器凸片或变形

换向器凸片或变形,就是在换向器中有一片或几片高出(或低于)正常圆柱形换向器的表面,如图 2-29 所示。

换向器出现凸片或变形后,电机高速运行时,将使电刷和换向器工作表面接触不良,严重时还将打碎电刷,引起强烈的换向火花,影响电机的正常换向和运行。在电机转速很低时(或用手慢慢旋转电枢),一般可以听到电刷的跳动。

若检查换向器工作表面,常常在凸片的附近出现由深到浅的灼烧痕迹。

通常可用千分表测量换向器表面是否高低不平,如图 2-30 所示。测量时把电枢放在车床上,将千分表座吸牢在基座上,千分表的端头与换向器工作表面接触,然后盘车或使电机低速运行,千分表便可以显示凸片的高低状况了。

换向器凸片或变形的修理如下:

换向器凸片后,修理方法是先将换向器固紧,再精车或研磨换向



图 2-29 换向片的凸片或变形示意

器工作表面。其主要步骤如下。

- ①拆开电机,取出电枢,并进行清理。
- ②钻掉或拧下换向器的定位螺钉。
- ③将电枢放入烘箱,在 $(125 \pm 5)^\circ\text{C}$ 温度下烘焙 2~3 h。
- ④取出烘箱里电枢,趁热用测力扳手(见图 2-31)或棘轮扳手(见图 2-32)将换向器螺栓拧紧。利用塑型云母板在热态时具有的可塑性,使 V 形云母环与压圈、套筒及换向片接触较好而不碎裂。

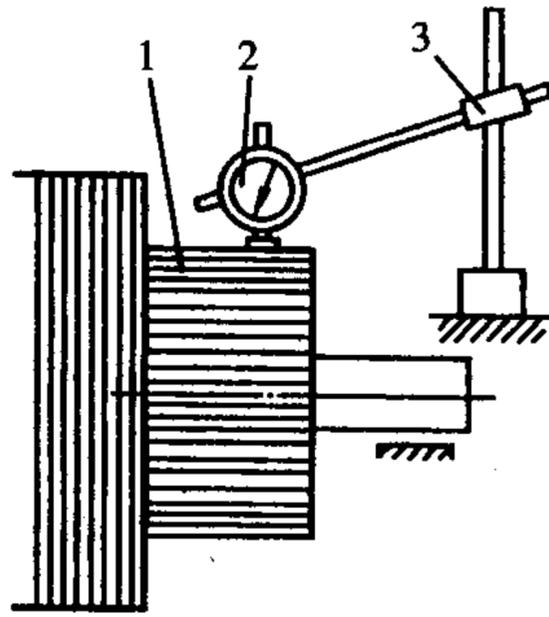


图 2-30 用千分表检测换向器凸片

1—换向器 2—千分表面 3—千分表座

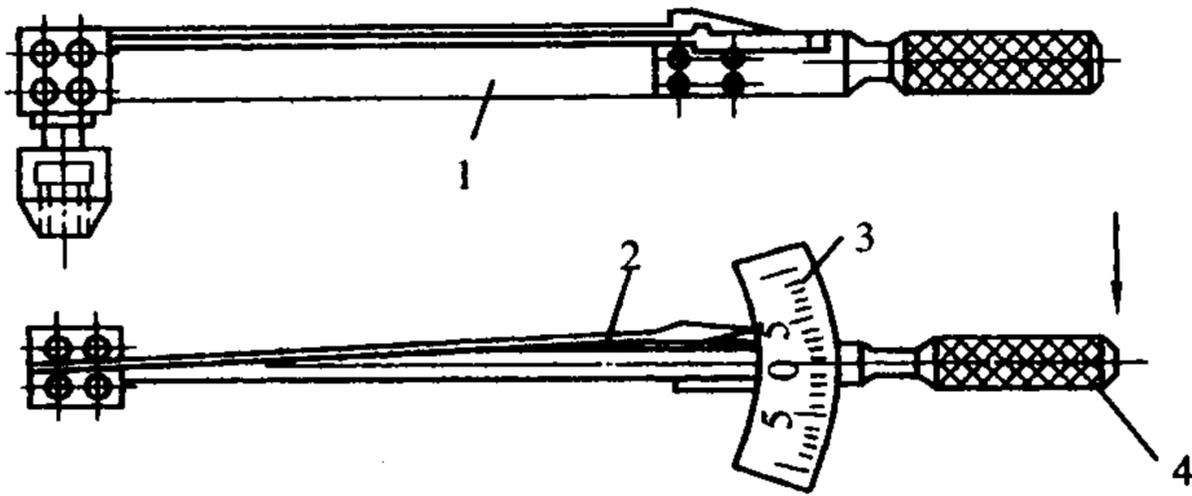


图 2-31 测力扳手

1—弹性心杆 2—指针 3—标尺 4—手柄

- ⑤在冷态时(50°C 以下)再次紧固螺栓。
- ⑥用小锤轻轻敲击换向片,若发出的是清脆的金属声,则表明换

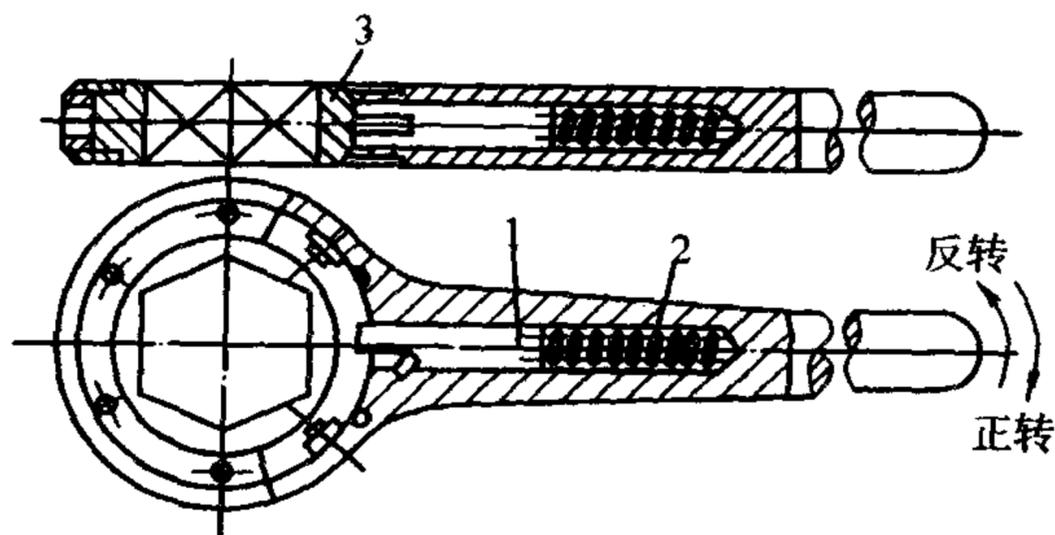


图 2-32 棘轮扳手

1—棘爪 2—弹簧 3—内六角套筒

向器已经固紧；若发出的是破壳声，则表明换向器尚未紧固，则应再重复修理，直至换向器紧固为止。

⑦重新钻换向器定位孔，然后将定位螺钉拧紧。

⑧检查换向器云母槽的深度，若深度小于 1 mm，则先下刻云母槽和换向片倒角，然后再精车换向器工作表面。

云母槽的下刻深度随换向器的直径不同而不同，见表 2-9。

表 2-9 换向器云母槽下刻深度

换向器直径/mm	云母槽下刻深度/mm	换向器直径/mm	云母槽下刻深度/mm
小于 50	0.5	150~300	1.2
50~150	0.8	300 以上	1.5

云母槽下刻最简单的方法，就是用锯条片制成简单的下刻工具，然后一槽一槽地锯刻。也可用如图 2-33 所示的由车床改制的云母槽下刻机进行加工。下刻时电枢装在机床主轴顶尖与尾座顶尖之间，在小拖板上装一台电动机，电动机主轴上装一把片铣刀，此片铣刀的厚度应等于云母片的厚度。由电动机带动铣刀高速旋转，当铣刀对准云母片时，由机床溜板箱带动铣刀作纵向移动，进行下刻。然后，将换向器转过一个角度，再下刻相邻的云母槽，直至全部刻完。

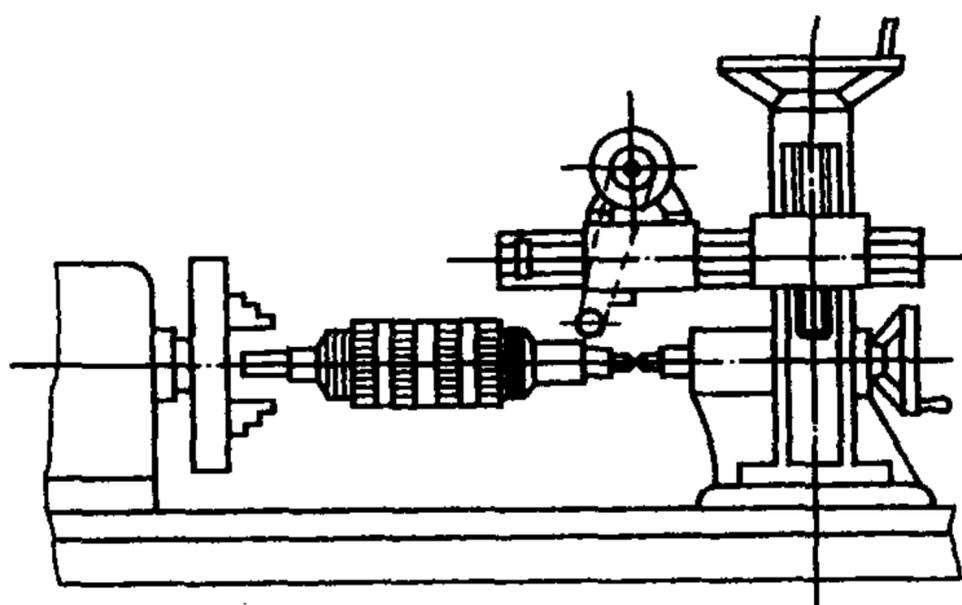


图 2-33 用车床改制的云母槽下刻机

3. 换向器修复后的一般检查

(1)用小锤轻敲换向片,根据发出声音来判断是否紧固。若发出清脆的金属声,则表明换向器已经紧固;若发出的是破壳声,则表明换向器尚未紧固,则应再重复修理,直至换向器紧固为止。

(2)用 220 V 校验灯逐片检查片间是否短路。

(3)做对地耐压试验,试验电压一般为 2 倍额定电压再加 1 000 V,时间为 1 min。

(4)检查换向片轴线平行度。换向片全长沿轴线偏斜度一般不应超过片间云母片的厚度,否则将影响电机的换向。

第三节 直流电机的试验

一、直流电机的拆卸

在修理和维护保养电机时,往往需要把电机拆开,修好后,再重新将电机装配好。如拆装步骤和方法不当,就会使部分零部件受到不应有的应力而损坏。因此,掌握正确的拆装步骤和方法是十分必要的。现对一般直流电动机的拆装以及拆装时应注意的问题作简单介绍。

直流电机的拆卸步骤如下。

(1) 拆除接于电机上的所有接线。

(2) 拆除电机的地脚螺栓。

(3) 拆除与电机相连接的传动装置。

(4) 拆去轴伸端的联轴器或带轮。

(5) 取下换向器端的轴承外盖。

(6) 打开换向器端的通风窗,从刷握中取出电刷,再拆下接到刷杆上的连接线。

(7) 拆下换向器端的端盖,拆除时在端盖边缘垫以木楔,用铁锤沿盖四周边缘均匀地敲击,逐渐使端盖止口脱离机座及轴承的外圈,取出刷架。

(8) 用纸板将换向器摆好。

(9) 拆去轴伸端的端盖螺钉,把连同端盖的电枢从定子内小心地抽出,以免绕组受到擦伤。

(10) 将连同端盖的电枢放在木架上并包裹好,拆除轴伸端的轴承盖螺钉,取下轴承外盖及端盖,轴承只在损坏情况下方可取下,如无特殊原因,不要拆除。

电机的装配可按拆卸的相反顺序进行,并按所刻记号校正电刷位置。

二、直流电机修复后试验

直流电机经过拆装后,要进行检查试验,即将电机试运转若干小时,观察电机出力、火花及转速等情况。检查试验是为了确定每台新装配完成的电机,在电气或机械方面是否都符合其制造标准的要求。

1. 装配的一般检查

进行试验前,一般先要检查所有紧固螺钉是否都拧紧,电机转动是否灵活,换向器表面是否光洁、是否偏心、是否有高低不平的现象,电刷标牌是否符合要求,电刷与换向器实际接触面积是否占电刷整个横截面积的75%以上,电刷受应力是否均匀适当,电刷是否能自

由活动等。

2. 确定电刷中性位置

电刷中性位置是指当电机为空载发电机运转,其励磁电流和转速不变时,在换向器上测的最大感应电动势时的位置。在电机各绕组正确接线情况下,为保证电机运转性能良好,电机的电刷必须在中性位置上,因此,在电机运转前,应进行电刷中性位置的检查。确定刷架中性位置的方法有感应法、发电机正反转法和电动机正反转法三种。

(1) 感应法

这是确定电刷中性位置最常用的一种方法,如图 2-34 所示。在电机静止状态下,将毫伏表接到相邻两组电刷(电刷与换向器接触一定要良好)。励磁绕组通过开关 K 接到 1.5~3V 的直流电源上,并交替接通或断开电源。毫伏表指针会左右摆动,这时逐步移动刷架位置,在不同位置上测量出励磁电流断开时的转子绕组感应电动势值。当感应电动势为零时的电刷所在的位置就是中性位置。

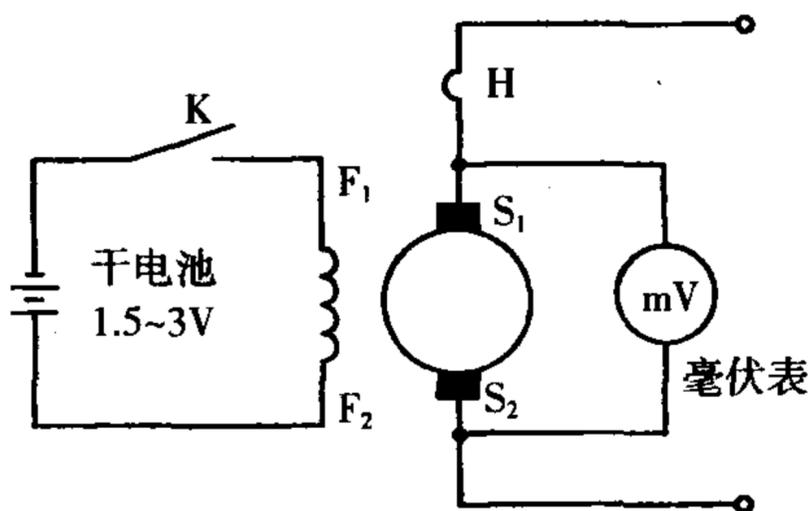


图 2-34 感应法确定电刷中性位置

(2) 发电机正反转法

用发电机正反转法确定电刷中性位置时,电机在试验时用他励或并励方式。在电机转速不变,励磁电流不变,负载都不变的情况下电机正转和反转,看电机在正反转时电枢的输出电压是否相等。若两个电压值相等,此时电刷所在的位置就是中性位置;若不相等,则

移动电刷架使之相等。

(3) 耐压试验

当全部更换绕组修复装配后,直流电机往往要做各绕组对机壳及绕组间绝缘强度试验,即耐压试验。

耐压值 $U=1000+2U_e$ 。(承受 1 min)

式中, U_e 为电机额定电压。

4. 绕组绝缘电阻测定

额定电压为 500 V 或 500 V 以下的电机,可用 500 V 兆欧表分别测量各绕组对机壳的绝缘,其电阻值不得低于 0.5 M Ω ,对更换过的绕组部分则不应低于 5 M Ω 。其次测量各绕组之间的绝缘情况。

5. 电枢绕组匝间绝缘强度试验

当电机空载状态下,使电机处于(大于额定电压 30%的)过压状态,5 min 不击穿。若电机要进行负载(发热)试验,则此项匝间绝缘强度试验应在电机温度接近正常工作温度下进行。

6. 绕组元件连接检查试验

电机静止不动,电刷间通入直流电,先用直流电压表测量换向片片间电压的方向,若绕组元件连接正确,则片间电压的方向始终在电刷的某一边保持不变;若绕组某元件连接错误,则与这元件跨接的片间电压的方向相反。然后参考片间电阻值的测量数据,就可检查出绕组元件的连接质量。

除上述试验外,还有许多保证电机运转可靠的试验项目,如超速试验、过载能力试验和振动测量等。

第三章 单相异步电动机

第一节 单相异步电动机的工作原理

一、单相异步电动机的分类

单相异步电动机是由单相交流电源供电的异步电动机,具有结构简单、成本低、工作可靠、振动和噪声小、维修方便等一系列优点。它可直接用市电,所以被广泛应用于工农业生产、电子仪器、医疗设备及家用电器等各方面,如电风扇、洗衣机、电冰箱、吸尘器、电动缝纫机、电动工具、水泵、风机、小型机床等设备中都使用了单相异步电动机。

单相异步电动机与同容量的三相异步电动机比较,体积较大,性能较差,因此,单相异步电动机一般都只有小功率的。而工业上多用三相异步电动机。近年来,随着科学技术的发展,单相异步电动机的容量明显增大,从几千瓦到几十千瓦都有,而体积在缩小,性能在改善。

单相异步电动机有多种类型,按工作原理和启动方式的不同,可分为分相式和罩极式两类。分相式异步电动机又可分为单相电阻启动异步电动机、单相电容启动异步电动机、单相电容运转异步电动机、单相电容启动及运转异步电动机(单相双值电容异步电动机);而罩极式异步电动机也可分为单相凸极式罩极异步电动机和单相隐极式罩极异步电动机。

二、单相异步电动机的主要系列

单相异步电动机通用型有 BO2、CO2、DO2 三个基本系列(相应代号为 YU、YC、YY)。该系列是我国自行设计生产的节能型新产品,用以取代 JZ、JY、JX 和 BO、CO、DO 等老系列。另外,还有 YL 系列单相双值电容异步电动机和 YJ 单相罩极式异步电动机。单相异步电动机的结构特征、性能及应用见表 3-1。

表 3-1 单相异步电动机结构特征、性能及应用

项目	启动型		运转型		特殊型		罩极式
	电容启动	电阻启动	电容运转	双值电容	双转向运行	调速运行	
功率范围 /W	120~3000	40~750	5~2500	180~3000	20~250	25~150	1~120
基本系列	YC, CO2 CO, JY	YU, BO2 BO, JZ	YY, DO2 DO, JX	YL			YJ
同步转速 / (r / min)	1000, 1500 3000	1500, 3000	1000, 1500 3000	1500, 3000	1500	1500	1500, 3000
启动装置及附件	电磁式或离心式启动开关	电磁式或离心式启动开关	不用	启动开关	双投转换开关	切换挡位开关	不用
结构特征	定子是分布式绕组,主、辅绕组轴线在空间相隔 90°电角度。主、辅绕组有效占槽比约为 2:1,且辅绕组导线较粗	定子绕组分布同电容启动电动机,但主绕组匝数一般比辅绕组多,辅绕组匝数少且导线细,个别电动机的辅绕组部分采用反绕	定子主、辅绕组占槽比相等,并在空间互差 90°电角度。一般设计辅绕组导线较细而匝数略多于主绕组	主、辅绕组分布与电容运转电动机相同。采用两只电容,其中大容量的是启动用,小容量的作为运行电容	主、辅绕组分布情况同电容运转电动机,但主、辅绕组参数完全相同	定子除主、辅绕组外还有调速绕组,它与主绕组同相称为 L-1 型;与辅绕组同相称为 L-2 型。此外还可构成多种其他接线形式	主绕组布线形式与电容电动机相同;辅绕组是短路罩极线圈,采用粗导线绕制,但匝数只有 1 至几匝

续表

项目	启动型		运转型		特殊型		罩极式	
	电容启动	电阻启动	电容运转	双值电容	双转向运行	调速运行		
启动、运行特征	启动电容的容量大,一般选用电解电容。启动时辅绕组通过开关与启动电容串联后接入电源,启动后断开,由主绕组单独工作	启动时辅绕组通过开关接入电源,启动后断开,由主绕组单独工作	一般选用容量较小的无极性电容与辅绕组串联后和主绕组并接于电源。电容主要考虑运行特性,但亦兼顾启动性能	启动时启动电容通过开关与运行电容并联,与辅绕组串联后再接入电源,启动后断开启动电容,作为电容运转电动机运行	两种方向运行时,主、辅绕组的功能互相轮换工作	调速绕组串入辅绕组时转速快,串入主绕组时转速减慢	主绕组接入电源,辅绕组无论在启动或运行均处于短路状态	
工作特性	最大转矩倍数	>1.8	>1.8	>1.6	>1.8	≈1.7	>1.5	
	启动转矩倍数	2.5~3	1.1~1.7	0.35~1	>1.8		0.3~0.9 (高速挡) <0.5	
	启动电流倍数	4.8~6.4	6~9	5~7	5~7.5			
	控制性能	可改接反转,调速性能差	可改接反转,但调速性能差	可改接反转,并通过串联电抗调速,但不宜空载运行	可改接反转,也可串联电抗调速,但极少采用,不宜作空载长期运行	专为可逆运行而设计,一般不作调速运行	专为风扇类负载作调速运行而设计,但不能反转运行	不能改接反转,一般只作单向运行,力学性能指标差
	特点	具有较高的启动转矩	具有中等的启动转矩和过载能力	启动转矩较低,但有较高的功率因数和效率	有较高的启动性能、过载能力、功率因数和效率			启动转矩、功率因数和效率均较低

续表

项目	启动型		运转型		特殊型		罩极式
	电容启动	电阻启动	电容运转	双值电容	双转向运行	调速运行	
应用实例	空气压缩机、磨粉机、电冰箱、水泵及满载启动的机械等	小型排风扇、微型车库、鼓风机、电冰箱、医疗机械等	电风扇、吊扇、洗衣机、空调机、通风机等	电冰箱、空调机、水泵等	洗衣机	台式风扇、落地式电扇、鸿运扇	小排风扇、电唱机、电吹风机

三、单相异步电动机的基本结构

单相异步电动机的结构与小型三相异步电动机的结构比较相似。BO2、CO2、DO2 三个基本系列的电动机外壳防护等级为 IP44，采用 E 级绝缘，接线盒装在电动机的顶部，以便于接线和维修。

1. 定子

单相异步电动机的定子结构有两种形式。功率较大的采用与三相异步电动机相似的结构，定子铁芯也是用硅钢片叠压而成，铁芯槽内放置两套绕组，如图 3-1 所示，一套是主绕组（也称运行或工作绕组），另一套是辅助绕组（俗称辅绕组、副绕组或启动绕组）。两套绕组的轴线在空间相差 90° 角度，一般采用同心式绕组或正弦绕组。

电动机功率较小的定子铁芯制成凸极形状，由 0.5 mm 厚的硅钢片叠压而成。磁极的一部分被短路环罩住，凸极上装有主绕组，一般为集中式绕组。常见单相凸极式罩极异步电动机的结构如图 3-2 所示，其中图 a 为单相绕组集中安放的结构，单相绕组集中绕制套装在铁芯上；图 b 为单相绕组分开安放的结构，其集中绕组分开安放在每个凸极上，并相互连接构成单相绕组。电动机铁芯在每个磁极极靴的 $1/3 \sim 1/4$ 处开有一个小槽，槽中嵌入的短路铜环将小的部分极靴罩住。电动机一般有两极和四极两种。

2. 转子

单相异步电动机的转子均采用笼型转子，与三相异步电动机的

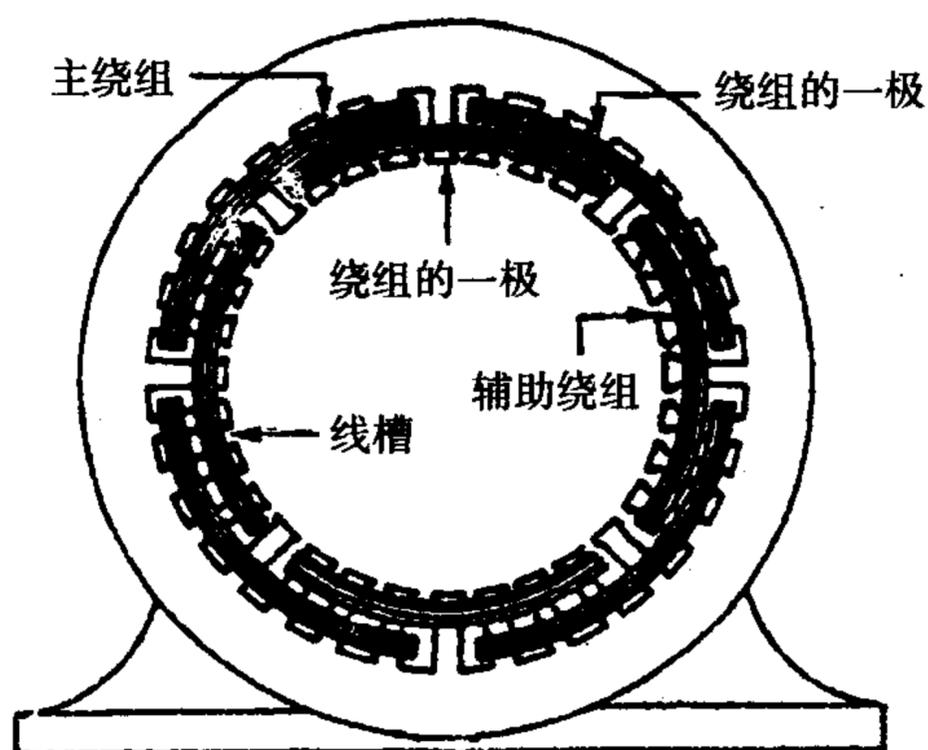


图 3-1 主绕组与辅助绕组的布置

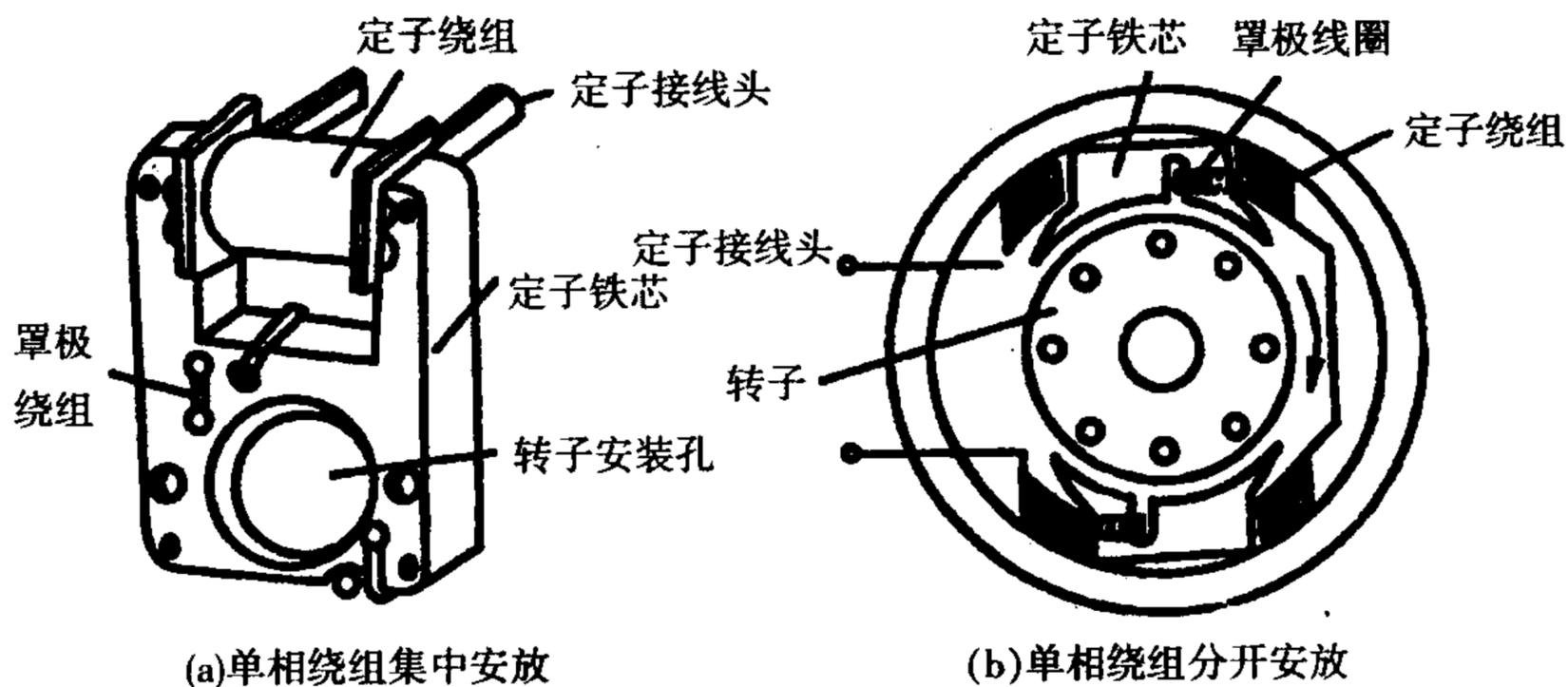


图 3-2 单相凸极式罩极异步电动机的结构示意图

笼型转子相同。铁芯采用硅钢片叠压而成，铁芯槽内装有笼型绕组，一般采用铸铝转子。

3. 附件

为保证单相异步电动机可靠启动和正常运行，单相异步电动机常附加有一些特殊零部件，如启动装置、电容器等。

(1) 启动装置

单相电阻启动、电容启动和双值电容异步电动机内部或电路中

都装有启动装置。因为这三种类型单相异步电动机的辅助绕组或部分电容(对双值电容而言)只允许在电动机启动过程中接入电路,所以当电动机的转速达到额定转速的 $70\% \sim 80\%$ 时,启动装置就需要将辅助绕组或双值电容的一部分从电路中断开,起到保护的作用。目前常用的启动装置有以下三种。

①离心开关 离心开关包括静止部分和旋转部分,静止部分固定在端盖上,旋转部分则装在转轴上。图 3-3 为一种离心开关的结构。静止部分是由两个半圆形铜环组成,在两个半圆形铜环的中间用绝缘材料隔开。启动时,指形铜触片通过拉力弹簧作用压在静止的铜环上,将两个半圆形铜环短接,即相当于开关闭合。启动后,当转速升高到 $70\% \sim 80\%$ 额定转速时,由于离心现象,指形铜触片克服拉力弹簧作用而离开静止的铜环,使两个半圆形铜环间不通,即起开关断开作用。图 3-4 是另一种常用的簧片式离心开关的结构。启动前触点闭合,启动后,当转速达到规定值时,重臂因离心现象而克服张力弹簧作用外张,带动拨杆将绝缘套移向轴的右方,簧片释放触点,从而达到开关通断的目的。

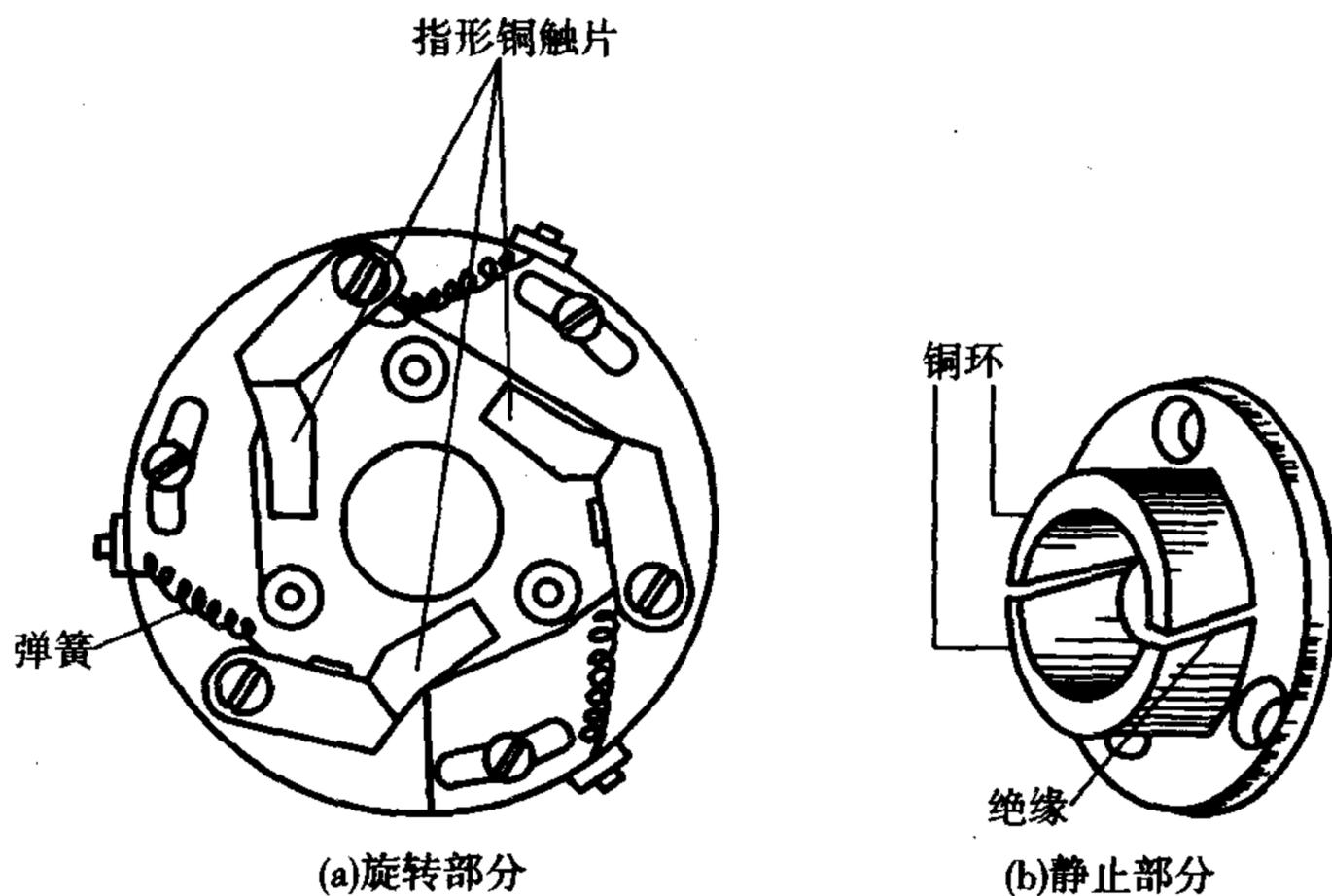


图 3-3 离心开关结构

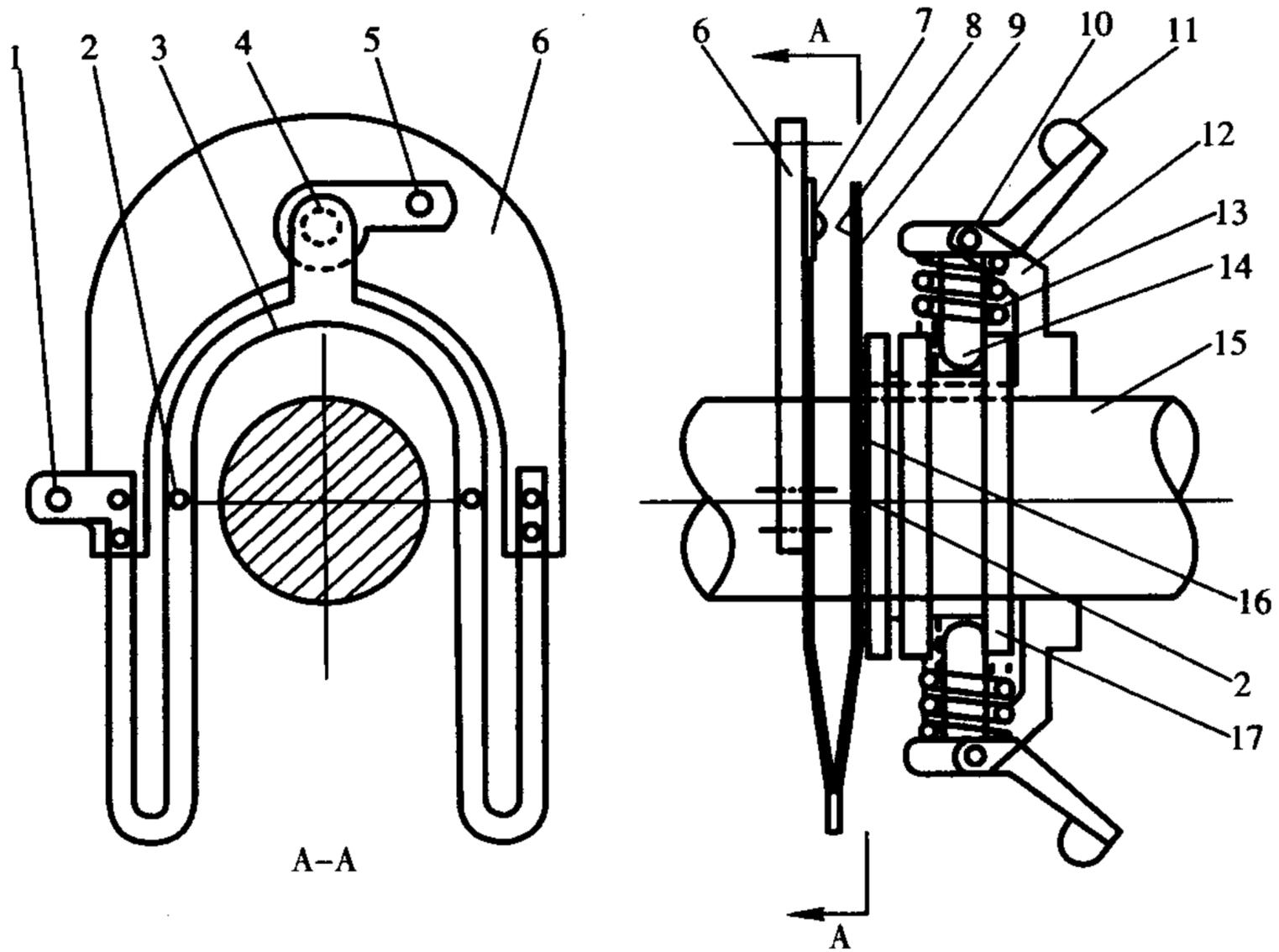


图 3-4 簧片式离心开关结构

1—动触点引线点 2—顶压点 3—U形弹簧触点臂 4—触点 5—定触点引出点 6—固定在电动机端盖内的绝缘底板 7—定触点 8—动触点 9—U形弹簧触点臂 10—活销 11—离心臂重锤 12—固定在轴上的支架 13—张力弹簧 14—拨杆 15—电动机转轴 16—绝缘套 17—滑槽

②电流型启动继电器 电流型启动继电器的线圈串接在主绕组电路中,它利用启动过程中主绕组启动电流的变化,促使继电器动作,由继电器触点接通或断开辅助绕组电路,如图 3-5 所示。

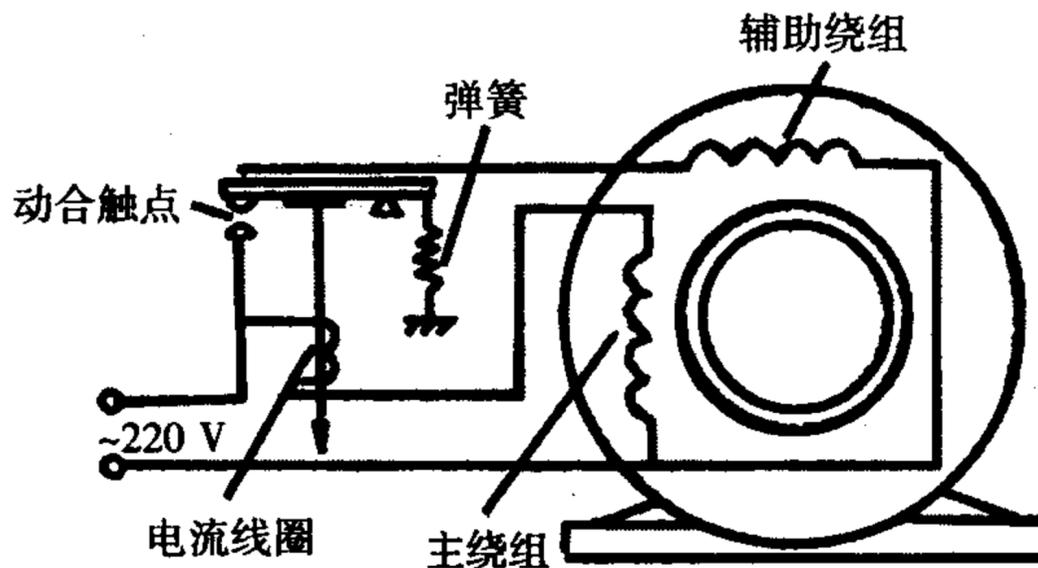


图 3-5 电流型启动继电器接线

③PTC 启动继电器 PTC 是一种正温度系数的热敏电阻,低阻时约为几欧至几十欧,高阻时为几十千欧,使用时可串接在辅助绕组电路中,如图 3-6 所示。启动时室温下 PTC 为低阻值,线路导通;启动后由于电流通过 PTC 而温度上升。当温度升高到某一数值时,PTC 变为高阻值,此时流过的电流非常小,相当于断开状态。因此,PTC 由低阻值向高阻值的转变过程,相当于开关由通至断的过程。PTC 启动继电器的优点是无触点、无电弧,工作过程安全、可靠,安装方便,价格便宜。缺点是不能连续启动,两次启动间隔至少 3~5 min 以上。

由于离心开关装在电动机内部,因此出现故障时检查和维修很不方便,所以目前较多采用电流型启动继电器和 PTC 启动继电器。

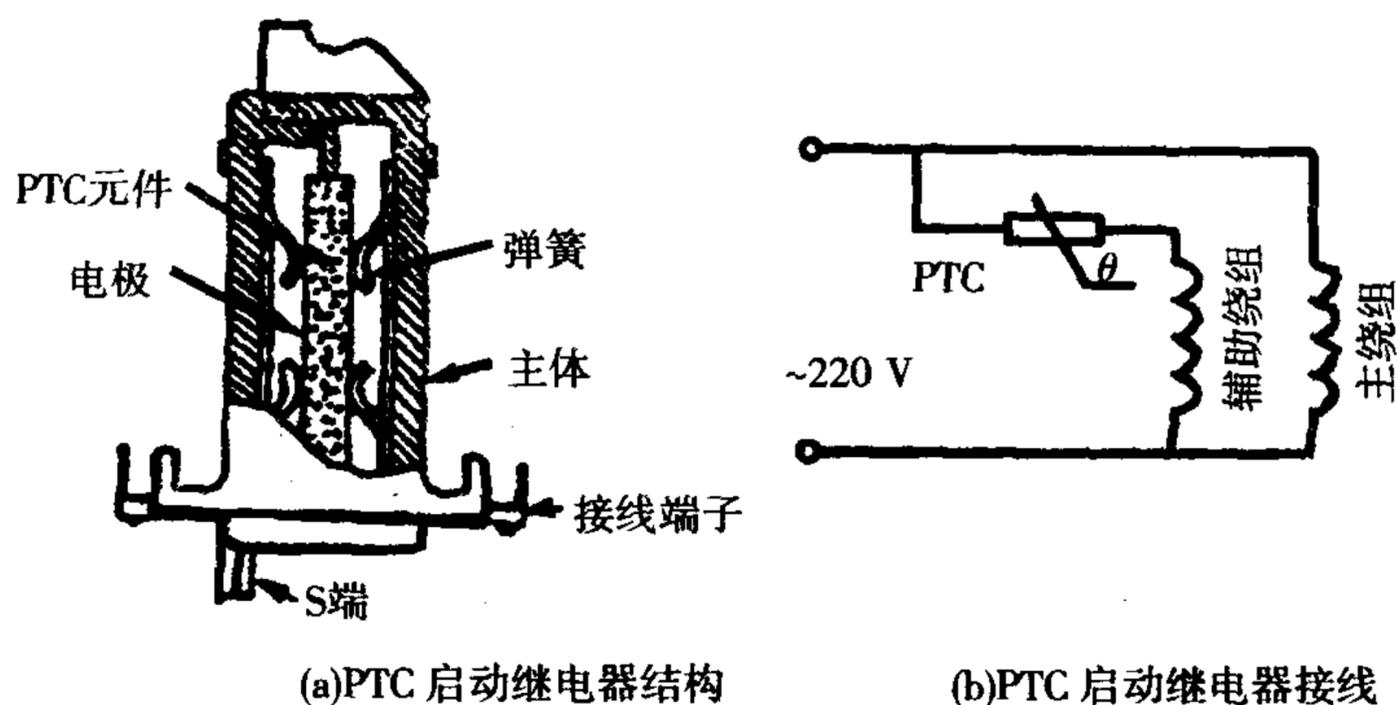


图 3-6 PTC 启动继电器及接线

(2) 电容

电容是采用电容分相的单相异步电动机必不可少的元件。单相电容启动异步电动机需要启动电容,单相电容运转异步电动机需要运转电容,单相双值电容异步电动机需要两个电容。因此,电容选择是否适当,对单相异步电动机的启动或运行有很大的影响。

①启动电容 一般采用电解电容。单相电容启动异步电动机的电容容量。应能使电动机达到规定的启动转矩。电容的容量可参考表 3-2 选配。电容的额定电压应能使启动过程中电容端电压不超

过其允许的最高电压值(1.25 倍额定电压),一般可选额定电压不低于 $\sqrt{2}$ 倍电动机额定电压的电解电容。

表 3-2 单相电容启动异步电动机启动电容选配

电动机额定功率/W	120	180	250	370	550	750	1 100	1 500	2 200
电容量/ μF	75	75	100	100	150	200	300	400	500

②运转电容 采用油浸或金属箔、金属化薄膜电容。单相电容运转异步电动机的电容应能使电动机具有较高的效率和功率因数,并使电动机其他各项指标符合要求。电容的电容量可参考表 3-3 选配。电容的额定电压应大于电容端电压 $U_c (U_c = U \sqrt{1+K^2})$,其中 U 为主绕组电压, K 为辅助绕组对主绕组的有效匝数比)。一般可选取电容额定电压为(2~2.3)倍电动机的额定电压。

表 3-3 单相电容运转异步电动机运转电容选配

电动机额定功率/W	15		25		40		60		90		120		150	
极数	2	4	2	4	2	4	2	4	2	4	2	4	2	4
电容量/ μF	1	1	1	2	2	2	2	4	4	4	4	4	6	6

对于单相双值电容异步电动机,所选用的电容容量,既要使电动机有较大的启动转矩,又要使电动机具有较高的效率和功率因数。电容的电容量可参考表 3-4 选配。

表 3-4 单相双值电容异步电动机电容选配

电动机额定功率/W	250	370	550	750	1 100	1 500	2 200	3 000
启动电容器/ μF	75	100	100	150	150	250	350	500
运转电容器/ μF	12	16	16	20	30	35	50	70

四、单相异步电动机的工作原理

1. 单相绕组的脉振磁场

单相异步电动机定子上的主绕组是单相绕组。当单相绕组外加单相正弦交流电压后,就有单相正弦交流电流通过,间隙中就会产生脉振磁场。由图 3-7 可见,当单相绕组中通入单相正弦交流电后,产生的磁场方向不断地改变,磁场的大小随时间按正弦规律不断变化,但磁场的轴线位置在空间始终保持不变,这样的磁场称作脉振磁场(脉动磁场)。由于不存在旋转磁场,因此单相绕组的异步电动机没有启动转矩,不会自行启动,所以需要采取一定的措施帮助其启动。但一个脉振磁场可分解为两个大小相等、转向相反,以同步速度旋转的正反向旋转磁场。因此,可以认为单相异步电动机的电磁转矩,是由这两个正反向旋转磁场分别产生的电磁转矩的合成。如果用某种方法使电动机旋转起来,且合成转矩大于负载转矩,则电动机将加速转动并最终在某一稳定转速下运转,而旋转的方向由电动机启动时的方向(即外力作用方向)确定。电动机旋转后,气隙中的磁场变为椭圆形旋转磁场。

由于存在反向旋转磁场,由其产生的反向电磁转矩起着制动作用,使得电动机的总输出转矩减小,所以单相异步电动机的过载能力、效率、功率因数等均低于同容量的三相异步电动机。

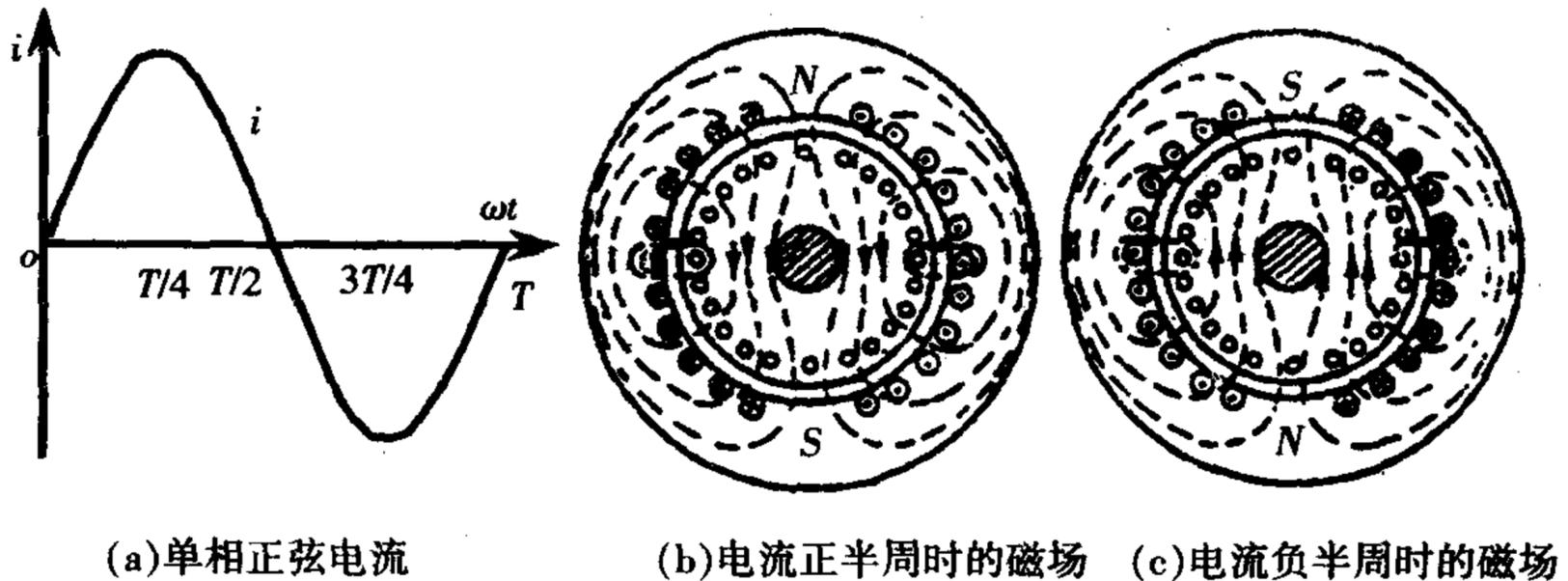


图 3-7 单相绕组的脉振磁场

2. 单相异步电动机的工作原理

单相绕组建立的脉振磁场不能使电动机自行启动,因此要使单相异步电动机像三相异步电动机那样自行启动,启动时就必须在气隙中建立一个旋转磁场,常用的有分相式或罩极式,因此就有分相式与罩极式电动机之分。

(1) 单相分相式异步电动机

单相分相式异步电动机在电动机定子上安放两相绕组 U_1-U_2 、 Z_1-Z_2 ,如果两绕组参数相同,而在空间相位上相差 $\frac{\pi}{2}$ 电角度,则为两相对称绕组。假设在两相对称绕组中通入大小相等、相位相差 $\frac{\pi}{2}$ 电角度的两相对称电流,同时规定电流为正时,电流由绕组首端流入,末端流出,此时取几个不同的时刻分析两相对称电流通入两相对称绕组时建立的合成磁场的情况。由图 3-8 中可以看出,随着时间的推移,当 ωt 经过 2π 电角度后,合成磁场在空间也转过了 2π 电角度,即合成磁场为一个旋转磁场,其旋转磁场的旋转速度 $n_1 =$

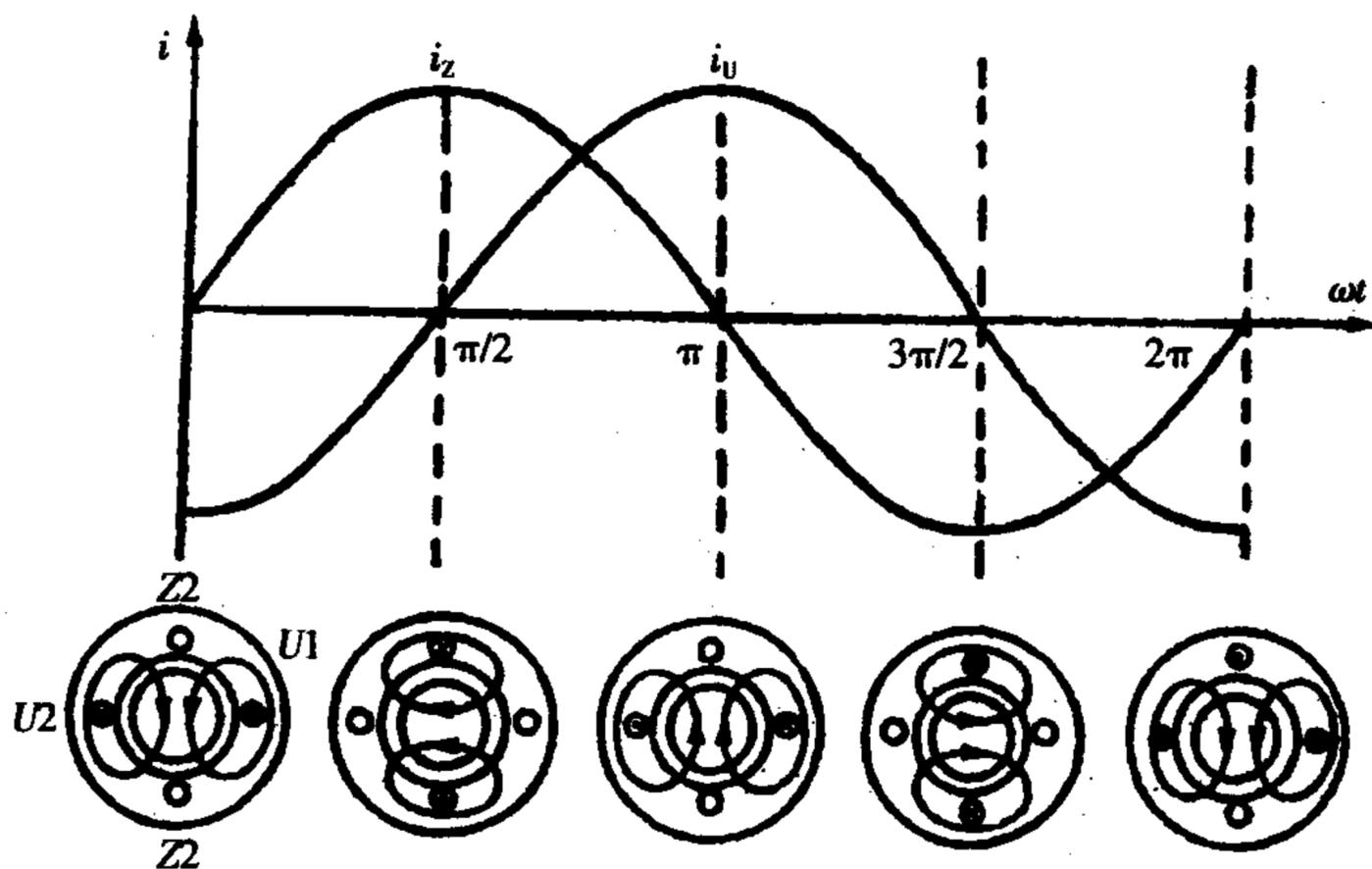


图 3-8 两相旋转磁场的产生

$60f_1/p$, 所以与三相对称电流通入三相对称绕组产生的旋转磁场性质相同, 即两相对称电流通入两相对称绕组也产生圆形旋转磁场。

①单相电阻启动异步电动机 这种电动机的定子上嵌放两相绕组, 一个为主绕组 $U1-U2$ (工作绕组), 另一个为辅助绕组 $Z1-Z2$ (启动绕组)。如图 3-9 所示, 两个绕组接在同一个单相电源上, 辅助绕组串联一个离心开关 S 。一般主绕组用的导线较粗而电阻小, 辅助绕组用的导线较细而电阻大, 或串接一个电阻以增大辅助绕组支路的电阻。辅助绕组一般是按短时运转状态设计的。

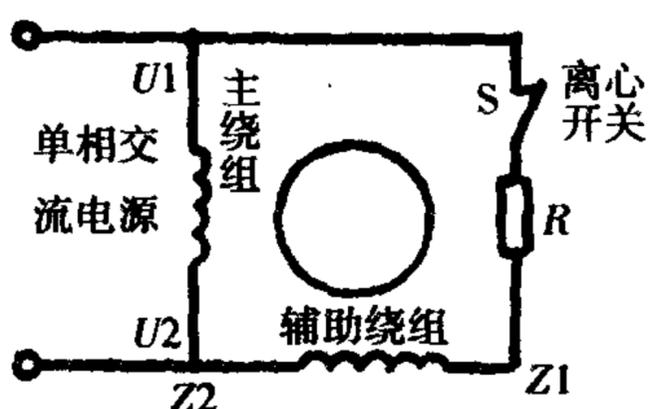


图 3-9 单相电阻启动电动机原理

启动时由于主绕组和辅助绕组两个支路的阻抗不同, 使得流过两个绕组的电流相位不同。一般辅助绕组中的电流超前, 与主绕组中的电流形成一个两相电流系统, 这样电动机启动时就产生了旋转磁场, 从而产生了启动转矩。电动机启动后, 当转速达到一定数值 (额定转速的 $70\% \sim 80\%$) 时, 离心开关 S 断开, 将辅助绕组从电源上切除, 剩下主绕组进入稳定运行。

如果采用电磁式启动继电器, 则在主绕组中串联一个电流式启动继电器线圈, 而其常开触头串在辅助绕组中, 如图 3-10 所示。启动时的大电流通过线圈使其触头动作, 将辅助绕组接入电源, 启动后主绕组电流下降。当转速升到某一数值, 主绕组中电流下降到某一数值后, 电流式启动继电器的触头复位, 将辅助绕组自动切除, 剩下主绕组进入稳定运行。家用电冰箱中压缩机电动机就采用重力式启动继电器或 PTC 启动继电器。

由于电阻分相启动时两相电流的相位差较小 (小于 $\frac{\pi}{2}$), 所以启

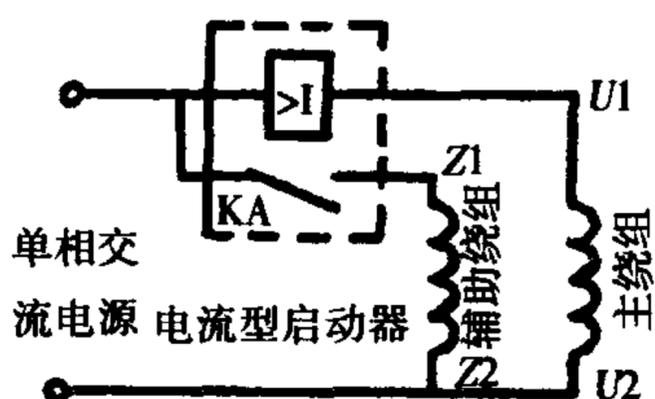


图 3-10 电流型启动继电器接线

启动时电动机间隙中建立的是椭圆形旋转磁场，因此单相电阻启动异步电动机的启动转矩不太大。

②单相电容启动异步电动机为了增加启动转矩，可在辅助绕组支路中串联一个电容，如图 3-11 所示。如果电容的容量适当，则可在启动时，使辅助绕组通过的电流在时间相位上超前主绕组通过的电流 $\frac{\pi}{2}$ ，这样在启动时就可得到一个较接近圆形的旋转磁场，从而有较大的启动转矩。同样，当电动机转速达到额定转速的 70%~80% 时，离心开关 S 将辅助绕组从电源上自动断开，靠主绕组单独进入稳定的运行状态。

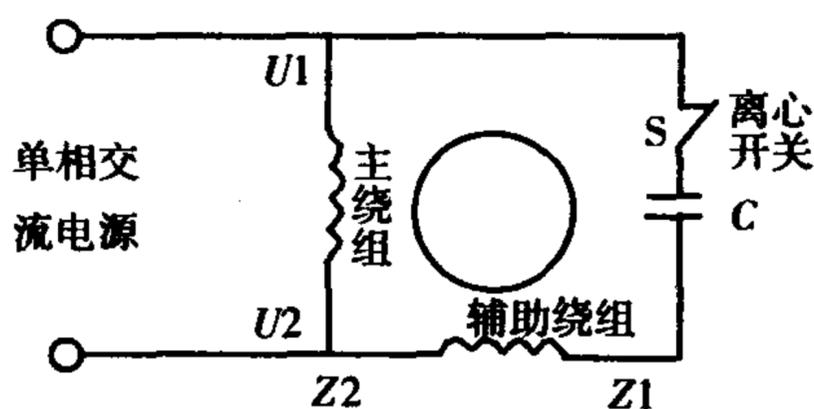


图 3-11 单相电容启动电动机原理

③单相电容运转异步电动机 如果将电容启动电动机辅助绕组和电容都设计成能长期工作的，而辅助绕组支路不串接离心开关，如图 3-12 所示，则这种电动机就称为单相电容运转异步电动机（单相电容异步电动机）。这时电动机实质上是一台两相电动机，运行时定子绕组产生的磁场较接近圆形旋转磁场，使电动机运行性能有较大

改善,其功率因数、效率、过载能力等都比普通单相电动机高,运行也比较平稳。300 mm 以上电风扇、空调器压缩机等均采用这种单相电容运转电动机。

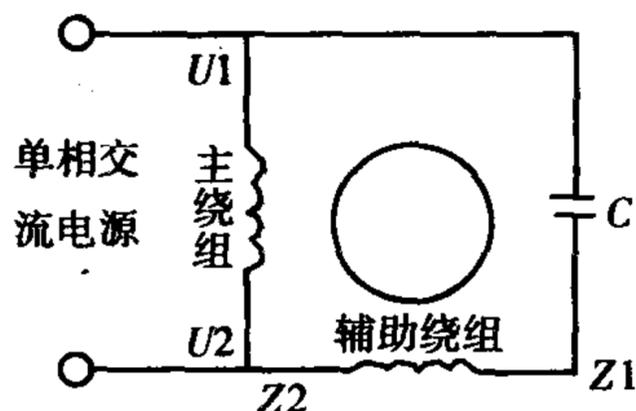


图 3-12 单相电容运转电动机原理

单相电容运转异步电动机电容容量的大小,对电动机的启动性能和运行性能影响较大。如果容量取大些,则启动转矩大,运行性能下降;如果容量取小些,则启动转矩小,但运行性能较好。所以综合考虑,为了保证有较好的运行性能,单相电容运转电动机电容容量比同容量的单相电容启动电动机电容容量要小,启动性能不如单相电容启动电动机。

④单相双值电容异步电动机(单相电容启动及运转异步电动机)。如果单相异步电动机既要有大的启动转矩,又要有好的运行性能,则可采用两个电容并联后再与辅助绕组串联,如图 3-13 所示。这种电动机称为单相电容启动及运转电动机(或称单相双值电容电动机),其中电容 C_1 的容量较大, C_2 为运行电容,容量较小, C_1 和 C_2 共同作为启动电容。启动时, C_1 和 C_2 两个电容并联,总容量大,所以电动机有较大的启动转矩;启动后,当电动机转速达到额定转速的

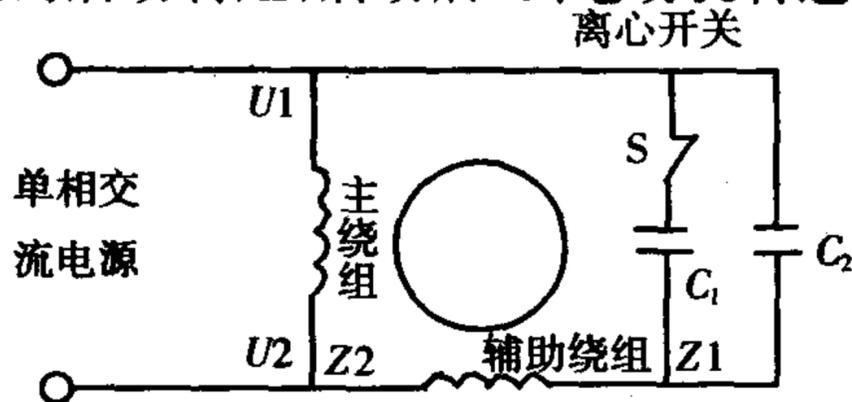


图 3-13 单相双值电容异步电动机原理

70%~80%时,通过离心开关S将电容 C_1 切除,容量较小的 C_2 参加运行,因此电动机又有较好的运行性能。这种电动机用在家用电器、泵、小型机械等场合。

对于单相分相式异步电动机,如果对调主绕组或辅助绕组的两个接线端,就可改变电动机的旋转方向,也就是反转了。

(2)单相罩极式异步电动机

单相凸极式罩极异步电动机的定子单相绕组中通以单相交流电流时,将产生脉振磁通,一部分磁通通过磁极的未罩部分,另一部分磁通穿过短路环通过磁极的被罩部分。由于短路环的作用,当穿过短路环中的磁通 Φ 发生变化时,短路环中必然产生感应电动势和电流。根据楞次定律,该电流的作用总是阻碍磁通的变化,这就使穿过短路环部分的磁通滞后通过磁极未罩部分的磁通,使得磁场的中心线发生移动,如图3-14所示,于是在电动机内部就产生了移动磁场(看成是椭圆度很大的旋转磁场),因此电动机就产生一定的启动转矩而旋转起来。

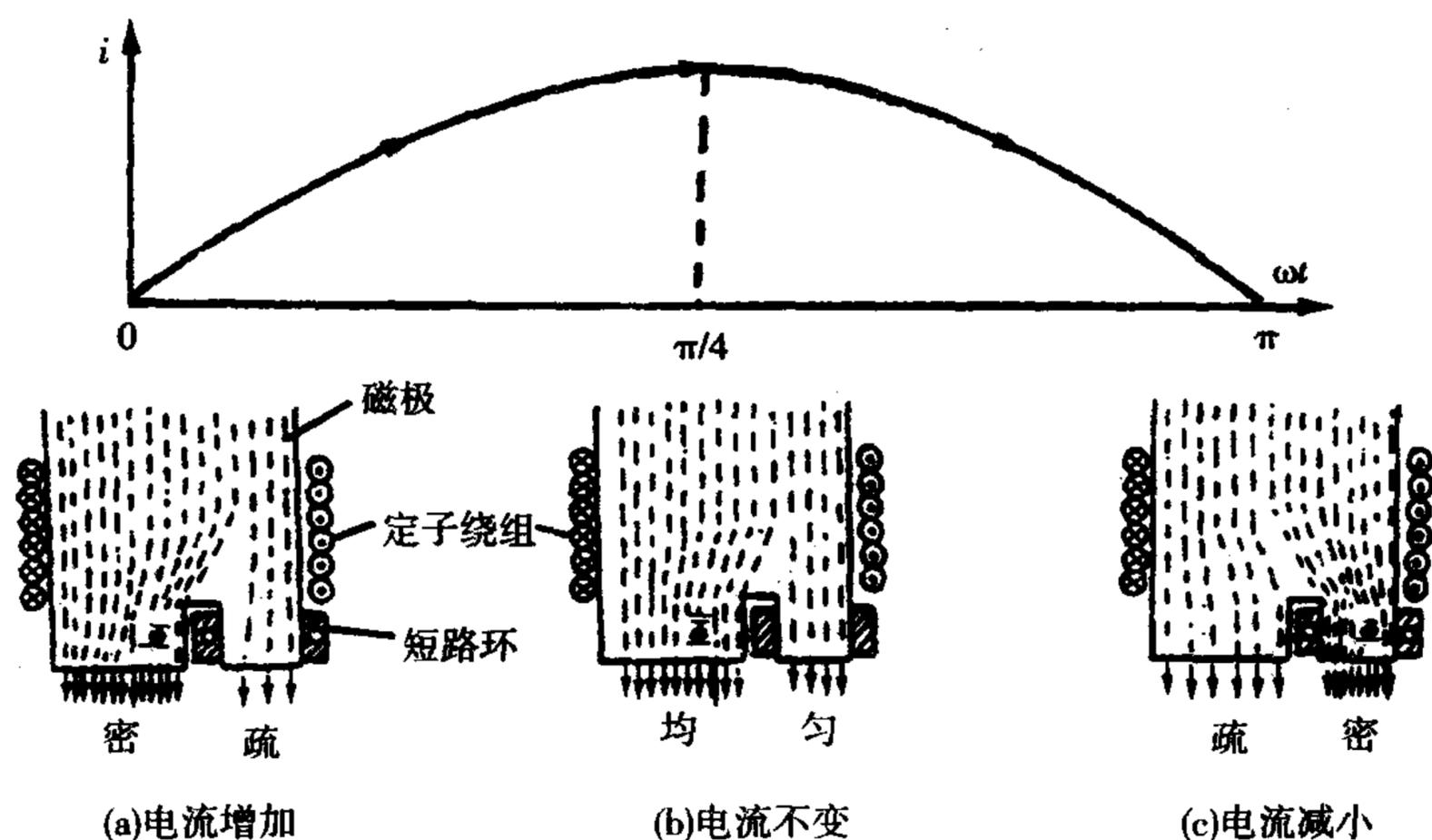


图3-14 单相罩极式异步电动机旋转磁场的形成

由于磁场的中心线总是从磁极的未罩部分转向磁极的被罩部分,所以罩极式电动机转子的转向总是从磁极的未罩部分转向磁极的被罩部分,因此其转向不能改变。单相罩极式异步电动机的主要优点是结构简单、制造方便、成本低、维护方便等,但启动性能和运行性能较差,所以主要用于小功率电动机的空载启动场合,如 250 mm 及以下的台式电风扇等。

第二节 单相异步电动机的维修

一、单相异步电动机的常见故障与排除

单相异步电动机的维护 and 三相异步电动机类似,要经常注意电动机转速是否正常,能否正常启动,温升是否过高,有无异常杂音和振动,有无焦臭味等。其故障同样也可分为电磁方面和机械方面,检修时应根据故障现象,分析产生故障的可能原因,并通过检查、分析和判断,找出故障,迅速修复。

由于单相异步电动机有其特殊点,故检修时,除采用类似三相异步电动机的方法外,还要注意不同之处,如启动装置故障、辅助绕组故障、电容故障及气隙过小引起的故障等。根据单相异步电动机的结构和工作原理,单相绕组由于建立的是脉振磁场,电动机没有启动转矩,需要增加辅助绕组(有分相式和罩极式),以帮助电动机启动或运行,因此当单相异步电动机的辅助回路出现故障时,就可能出现不能启动、转向不定、转速偏低等,检修时对其影响应有一定的认识。

单相异步电动机常见故障及排除方法见表 3-5。

表 3-5 单相异步电动机常见故障及排除方法

故障现象	故障原因	排除方法
电动机发出“嗡嗡”声,用外力推动后可正常旋转	(1)辅助绕组内断路 (2)离心开关损坏或触点毛糙,引起接触不良 (3)电流型启动继电器线圈断路或触点接触不良 (4)PTC启动继电器损坏而断路 (5)电容失效、断路或容量减小太多 (6)罩极式电动机短路环断开或脱焊	(1)用多用表或试灯找出断路点,进行局部修理或更换绕组 (2)检查离心开关,如不灵活予以调整,如触点接触面粗糙予以磨光,如不能修复则更换 (3)用多用表确定故障,修理线圈或触点,或更换线圈 (4)多用表测量确定故障后,予以更换 (5)更换电容 (6)焊接或更换短路环
通电后电动机不能启动	(1)电动机过载 (2)轴承故障: ①轴承损坏 ②轴承内有杂物 ③润滑脂干涸 ④轴承装配不良 (3)端盖装配不良 (4)定子、转子铁芯相擦 ①轴承严重磨损 ②转轴弯曲 ③铁芯冲片变形有突出 (5)笼型转子断条 (6)主绕组接线错误	(1)测电动机的电流,判断所带负载是否正常,若过载则减小负载或换上较大容量的电动机 (2)检修轴承 ①更换轴承 ②清洗轴承,换上新的润滑脂,润滑脂充填量应不超过轴承室容积的70% ③清洗和更换润滑脂 ④重新装配,调整同轴使之转动灵活 (3)重新调整装配端盖,予以校正 (4)检修定子、转子铁芯 ①更换轴承 ②检测转轴,若弯曲予以校正 ③检查铁芯冲片,锉去铁芯冲片突出部分 (5)检查并修理转子 (6)检查并重新接线

续 表

故障现象	故障原因	排除方法
	没有“嗡嗡”声 (1)电源断线或进线线头松动 (2)主绕组内断路 (3)主绕组短路或过热烧毁	(1)检查电源并恢复供电或接牢线头 (2)用多用表或试灯找出断点,予以局部修理或更换绕组 (3)查找短路点,局部修理或更换绕组
通电后电动机不能启动	电动机转速低于正常转速 (1)电动机过载运行 (2)电源电压偏低 (3)启动装置故障,启动后辅助绕组没有脱离电源 (4)电容损坏(击穿、断路或容量减小) (5)主绕组短路或部分接线错误 (6)轴承损坏或缺油等造成摩擦阻力加大 (7)笼型转子断条,造成负载能力下降	(1)检测负载电流,判断负载大小,减轻负载 (2)查明原因,提高源电压 (3)检查启动装置是否失灵,触点是否粘连,并予以修理或更换 (4)更换电容 (5)检查、修理或更换绕组 (6)清洗、更换润滑脂,或更换轴承 (7)查找断条处,并予以修理
电动机过热	启动后很快发热 (1)电源电压过高或过低 (2)启动装置故障,启动后辅助绕组没有脱离电源 (3)主、辅绕组接错,将辅助绕组当作主绕组接入电源 (4)负载选择不当,过大或过小 (5)主绕组短路或接地 (6)主、辅绕组间短路	(1)查明原因,调整电源电压大小 (2)检查启动装置,修理或更换启动装置 (3)检查并重新接线 (4)过载时减轻负载,电容运转电动机空载运行时发热属正常现象,可增大负载 (5)查找短路点或接地点,局部修复或更换绕组 (6)查找短路点,局部修复或更换绕组

续 表

故障现象	故障原因	排除方法	
电动机 过热	运行中温升过高	(1)电源电压过高或过低 (2)电动机过载运行 (3)主绕组匝间短路 (4)轴承缺油或损坏 (5)定子、转子铁芯相擦 (6)绕组重绕时,绕组匝数或导线截面搞错 (7)转子断笼	(1)查明原因,调整电源电压大小 (2)减轻负载 (3)修理主绕组 (4)清洗轴承并加润滑脂,或更换轴承 (5)查明原因,予以修复 (6)查明原因更换绕组 (7)查找断裂处并予以修复
	运行中冒烟,发出焦糊味	(1)绕组短路烧毁 (2)绝缘受潮严重,通电后绝缘击穿烧毁 (3)绝缘老化造成短路烧毁	检查短路点和绝缘状况,根据检查结果局部或全部更换绕组
	轴承端盖部分很热	(1)轴承内润滑脂干涸 (2)轴承内有杂物或损坏 (3)轴承装配不当,转子转动不灵活	(1)清洗、更换润滑脂 (2)清洗或更换轴承 (3)重新装配、调整,用木锤轻敲端盖,按对角顺序拧紧端盖螺栓,同时不断试转转轴,察看是否灵活,直至螺栓全部拧紧
电动机运行中振动或噪声大	(1)转轴弯曲等引起不平衡 (2)轴承磨损、缺油或损坏 (3)绕组短路或接地 (4)转子绕组断笼,造成不平衡 (5)电动机端盖松动 (6)定子、转子铁芯相擦 (7)转子轴向窜动量过大 (8)冷却风扇松动,或风扇叶片与风罩相擦	(1)查明原因,予以校正 (2)清洗和更换润滑脂或更换轴承 (3)查找故障点,予以修复 (4)查找断裂处,予以修理 (5)拧紧端盖紧固螺栓 (6)检查并予以修理 (7)轴向游隙应小于 0.4 mm,过大应加垫片调整 (8)调整并固定	

续 表

故障现象	故障原因	排除方法
电动机通电后,熔丝烧断	(1)引出线短路或接地 (2)绕组严重短路或接地 (3)负载过大或卡住,使电动机不能转动	(1)测电阻,查找故障点并修复 (2)测电阻,查找故障点并修复 (3)减轻负载,或拆开电动机修理
触摸电动机外壳,有触电麻手感觉	(1)绕组接地 (2)引线或接线头接地 (3)绝缘受潮漏电 (4)绝缘老化	(1)查找接地点,并予以修复 (2)更换引线,重新接线,或处理其绝缘 (3)测绝缘吸收比,烘干处理 (4)更换绕组

二、启动装置的检修

启动型单相异步电动机,当电动机的启动转速达到额定转速的70%~80%时,启动装置自动切断辅助绕组电源,由主绕组单独进入运行工作。因此,当启动装置出现故障时,电动机就不能正常工作。另外,单相双值电容异步电动机也用到了启动装置。

1. 离心式开关

离心式开关常见故障是铜触片(点)磨损或粘连,造成辅助绕组回路不通或无法断开。由于电动机的启动电流较大,因此通断时开关触点间产生的火花会烧坏开关触点,使触点接触不良或粘连在一起。维修时拆开电动机,将离心开关的铜触片或触点用什锦锉锉平、金相砂纸或油石磨光,或予以更换。

2. 电流型启动继电器

将电流型启动继电器烧坏的触点予以锉平、磨光或更换。电流线圈串接在主绕组回路中,启动时的大电流通过可能造成电流线圈烧毁,此时用同规格的绝缘漆包线缠绕同样的匝数即可,或更换启动

继电器。

离心式开关和电流型启动继电器一旦损坏,而在市场上又买不到相同规格的产品时,可用按钮开关代替。将按钮开关与副绕组串联后,串接于主绕组的电源端,通过此按钮开关通断副绕组的电源。电动机启动时,按下该按钮开关,接通副绕组电源,电动机启动运转达到 70%~80% 额定转速时,松开按钮开关,切断副绕组电源,使主绕组单独进行运行。

3. PTC 启动继电器

PTC 启动继电器在低阻时的阻值为几欧至几十欧,而高阻时的阻值可达几十千欧。常温下如果测得此 PTC 启动继电器的阻值较大,则表明已损坏,应予以更换。

三、电容的检修

采用电容进行分相的单相电容启动、电容运转和双值电容异步电动机,电容对电动机的启动或运转起着很重要的作用。电容断路,电动机则无法启动;电容的容量减小太多,电动机运行时转速下降,因此对电容的故障不可掉以轻心。

1. 电容故障的主要原因

(1) 电容经过长期使用,引出线线头断开;或由于长期存放、保管不善而受潮腐蚀,使引线霉烂,造成引出线接触不良或断线,辅助绕组电路不通,电动机无法启动。

(2) 电解电容或复合介质金属化电容的容量逐渐变小(自然失效),电动机的启动转矩小,导致启动困难,甚至不能启动,此时拨动电动机转子,电动机可按拨动方向转动。

(3) 电动机长期运行于过高电压下,电容的绝缘介质击穿而短路。短路的电容接在辅助绕组中,会使回路的电流过大,造成辅助绕组过热或烧毁。

2. 电容检测及更换

检修时,对怀疑有故障的电容,用螺丝刀或导线短接电容的两个

接线端进行放电,然后将其拆下。多用表置 $R \times 10 \text{ k}\Omega$ 或 $R \times 1 \text{ k}\Omega$ 挡,两个表笔接电容的两个接线端。根据表指针可能出现的几种摆动情况进行判断:

(1)指针先大幅度摆向电阻零位,然后慢慢地返回到数百千欧位置,电容完好。

(2)指针不动,电容有开路故障。

(3)指针摆到电阻零位后不返回,电容内部已击穿短路。

(4)指针摆到刻度盘上某较小阻值处,不再返回,电容泄漏电流较大。

(5)指针能正常摆动和返回,但第一次摆幅小,电容容量已减小。

(6)多用表置 $R \times 100 \Omega$ 挡,检测电容两接线端对地(外壳)电阻,若为 0,说明电容已接地。

如电容击穿短路、开路,严重泄漏或接地,应更换。

另外,也可利用交流放电法检查电容的质量及好坏。将电容的两接线短时间(1~2 s)直接接触单相交流电源,然后立即脱离电源。注意通电时间尽量短,如超过 4 s 可能烧坏电容。然后用螺丝刀或导线(不可用手碰,以免危险)将电容的两接线短接,如果有放电火花,说明电容良好。电容容量越大,放电火花越强烈。如果没有放电火花,说明电容已损坏或容量明显减小,应更换。

对于电容容量的减小,还可采用图 3-15 所示的电路进行测量。电容外加适当电压(由电容的额定电压决定),通电时间不超过 4 s。记录电压表和电流表的读数,按下式计算电容容量:

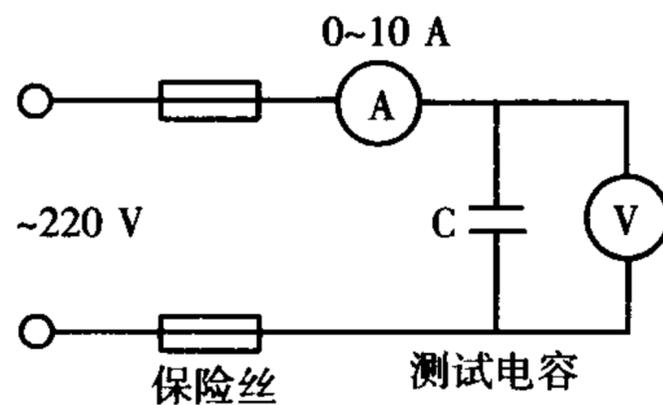


图 3-15 电容容量测试电路

$$C=3180 \frac{I}{U}(\mu\text{F})$$

式中, I 为电流表读数(A); U 为电压表读数(V)。如果计算值小于电容额定容量的 60%, 则电容已失效, 应更换。

在检修过程中, 如果无法判断电容的好坏, 则可采用替换法。用一只耐压足够、容量相同或相近的电容替换原来的电容, 如果故障消失, 则表明是电容故障, 一般应换上同型号且容量、耐压相同的电容。

四、罩极绕组的修理

罩极绕组指罩极式异步电动机的辅助绕组。隐极式罩极异步电动机的罩极绕组分开安放在一部分槽中, 并自行短接闭合。当该绕组发生断路时, 由于电动机的气隙中存在脉振磁场, 因此电动机无法启动。检修时找出断路点, 予以局部修理或更换绕组。

凸极式罩极异步电动机的罩极绕组接出为套在磁极极靴上的铜质短路环。由于发热、振动、焊接质量等原因, 都可能造成短路环焊接点的断开, 即辅助绕组断路, 使电动机无法启动。检修时应仔细观察, 确认短路环焊接点断开后, 予以重新焊接。

第三节 单相电动机绕组重绕

单相电动机在使用过程中, 如果绕组烧毁严重或绝缘老化, 不能再正常工作时, 都要更换绝缘重绕绕组。为此, 要有正确的重绕工艺, 否则修后的电动机不能保证质量。

一、重绕前的准备工作

1. 原始记录

拆除旧绕组时, 要仔细记录重绕时所需的各种数据, 尤其是国外进口电动机。一旦记录遗漏或不准, 就会带来许多困难, 甚至无法修复。

(1)记录电动机铭牌数据

要记录电动机型号、编号、额定电压、额定电流、额定转速、绝缘等级、运行方式、温升、制造厂家、出厂日期等。

(2)记录铁芯数据

记录铁芯外径、内径、长度、槽形尺寸等。

(3)记录绕组数据

详细记录主、辅绕组的线径、线圈匝数(至少数出一个极相组的,尤其是正弦绕组,不但每个线圈节距不同,各线圈匝数也不同(可参考表3-6至表3-16中提供的一部分常见的正弦绕组线圈分布和匝数分配),导线规格、绕组形式、线圈连接方式、引出线位置和规格、启动元件规格等,并画出绕组展开图。

拆下的旧线圈,选几根较完整的导线,用打火机烧去漆包线的绝缘皮,抹净漆皮渣,用千分尺测量导线的直径,多测几根取平均值。对于不同的线圈要分别测出它们的线径。

拆下的旧线圈用喷灯或其他火源,把线圈外粘结的绝缘漆和导线漆皮烧焦,清除干净后,再详细数匝数。将旧线圈拍扁整形后,可测出线圈的轮廓尺寸供制造绕线模参考。具体做法是把拆下的整匝线圈剪断,从最里边的导线取出2~3根,测其长度,取平均值作为绕线模的周长。

表 3-6 JZ 系列单相电阻启动异步电动机正弦绕组排列方法

型 号	正弦绕组排列方法	
	主绕组槽节距与匝数	辅绕组槽节距与匝数
JZIB-2 400 W 200 V		

续表

型号	正弦绕组排列方法	
	主绕组槽节距与匝数	辅绕组槽节距与匝数
JZ1A—4 400 W 200 V		
JZ1B—4 250 W 220 V		
JZ09A—2 250 W 220 V		
JZ09B—2 180 W 220 V		
JZ09A—4 180 W 220 V		
JZ09B—4 120 W 220 V		

续表

型号	正弦绕组排列方法	
	主绕组槽节距与匝数	辅绕组槽节距与匝数
JZ08A-2 120W 220V		
JZ08B-2 90W 220V		
JZ08A-4 90W 220V		
JZ08B-4 60W 220V		

表 3-7 JZ 新系列单相电阻启动电动机正弦绕组排列方法

型号	主绕组槽节距与匝数	辅绕组槽节距及匝数
JZ7122		
JZ7112		

续表

型号	主绕组槽节距与匝数	辅绕组槽节距及匝数
JZ7134	<p>34 58 34 1 2 3 4 5 6 7</p>	<p>4 5 6 7 8 9 10 19 33 19</p>
JZ7124	<p>44 77 44 1 2 3 4 5 6 7</p>	<p>4 5 6 7 8 9 10 25 45 25</p>
JZ7114	<p>56 97 56 1 2 3 4 5 6 7</p>	<p>4 5 6 7 8 9 10 24 41 24</p>
JZ6322	<p>91 85 73 56 35 12 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12</p>	<p>7 8 9 10 11 12 13 14 15 16 17 18 6 17 28 36 42 45</p>
JZ6312	<p>106 98 84 64 41 14 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12</p>	<p>7 8 9 10 11 12 13 14 15 16 17 18 7 20 32 42 49 53</p>
JZ6324	<p>66 116 66 1 2 3 4 5 6 7</p>	<p>4 5 6 7 8 9 10 29 51 29</p>
JZ6314	<p>37 131 77 1 2 3 4 5 6 7</p>	<p>4 5 6 7 8 9 10 54 60 54</p>

续表

型号	主绕组槽节距与匝数	辅绕组槽节距及匝数
JZ5622		
JZ5612		
JZ5424		
JZ5414		

表 3-8 JY 系列单相电容启动异步电动机正弦绕组排列方法

型号	正弦绕组排列方法	
	主绕组槽节距与匝数	辅绕组槽节距与匝数
JY2A-4 800 W 110/220 V		
JY2B-4 600 W 110/220 V		

型号	正弦绕组排列方法	
	主绕组槽节距与匝数	辅绕组槽节距与匝数
J1B—2 400 W 110/220 V		
JY1A—4 400 W 110/220 V		
JY1B—4 250 W 110/220 V		
JY09A—2 250 W 110/220 V		
JY09B—2 180 W 110/220 V		
JY09A—4 180 W 110/220 V		

表 3-9 JY 新系列单相电容启动电动机正弦绕组排列方法

型 号	正弦绕组排列方法	
	主绕组槽节距与匝数	辅绕组槽节距与匝数
JY7132		
JY7112		
JY7124		
JY7114		
JY7134		

表 3-10 JX 系列单相电容运转异步电动机正弦绕组排列方法

型 号	正弦绕组排列方法	
	主绕组槽节距与匝数	辅绕组槽节距与匝数
JX06A-2 40W 220V		

续表

型号	正弦绕组排列方法	
	主绕组槽节距与匝数	辅绕组槽节距与匝数
JX06B—2 25 W 220 V		
JX06A—4 25 W 220 V		
JX06B—4 15 W 220 V		
JX05A—2 15 W 220 V		
JX05B—2 8 W 220 V		
JX05A—4 8 W 220 V		
JX05B—4 4 W 220 V		

表 3-11 JX 新系列单相电容运转异步电动机绕组排列方法

型 号	正弦绕组排列方法	
	主绕组槽节距与匝数	辅绕组槽节距与匝数
JX5622		
JX5612		
JX5624		
JX5614		
JX5022		
JX5012		

续表

型 号	正弦绕组排列方法	
	主绕组槽节距与匝数	辅绕组槽节距与匝数
JX5024		
JX5014		
JX4522		
JX4512		
JX4524		
JX4514		

表 3-12 BO2 系列单相电阻启动异步电动机绕组排列方法

型 号	正弦绕组排列方法	
	主绕组槽节距与匝数	辅绕组槽节距与匝数
BO2—6312 90 W		
BO2—6322 120 W		
BO2—6314 90 W		
BO2—6324 90 W		
BO2—7112 180 W		
BO2—7122 250 W		

续 表

型 号	正弦绕组排列方法	
	主绕组槽节距与匝数	辅绕组槽节距与匝数
BO2—7114 120 W		
BO2—7124 180 W		
BO2—8012 370 W		
BO2—8014 250 W		
BO2—8024 370 W		

表 3-13 BO 系列单相电阻启动异步电动机正弦绕组排列方法

型 号	正弦绕组排列方法	
	主绕组槽节距与匝数	辅绕组槽节距与匝数
BO5612 60 W		
BO5622 50 W		
BO5614 40 W		
BO5624 60 W		
BO6312 120 W		
BO6322 180 W		

续表

型 号	正弦绕组排列方法	
	主绕组槽节距与匝数	辅绕组槽节距与匝数
BO6332 250 W	<p>64 60 51 39 25 8</p> <p>1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12</p>	<p>7 8 9 10 11 12 13 14 15 16 17 18</p> <p>4 13 20 26 31 33</p>
BO6314 90 W	<p>77 134 77</p> <p>1 2 3 4 5 6 7</p>	<p>4 5 6 7 8 9 10</p> <p>34 60 34</p>
BO6234 120 W	<p>66 116 66</p> <p>1 2 3 4 5 6 7</p>	<p>1 2 3 4 5 6 7</p> <p>29 51 29</p>
BO6334 180 W	<p>48 84 48</p> <p>1 2 3 4 5 6 7</p>	<p>4 5 6 7 8 9 10</p> <p>23 40 23</p>
BO7102 250 W	<p>67 63 54 41 26 9</p> <p>1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12</p>	<p>7 8 9 10 11 12 13 14 15 16 17 18</p> <p>5 15 24 31 36 39</p>
BO7112 370 W	<p>55 51 44 34 21 7</p> <p>1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12</p>	<p>7 8 9 10 11 12 13 14 15 16 17 18</p> <p>4 12 20 25 30 32</p>

续 表

型 号	正弦绕组排列方法	
	主绕组槽节距与匝数	辅绕组槽节距与匝数
BO7104 180 W		
BO7114 250 W		
BO7124 370 W		

表 3 - 14 CO2 系列单相电容启动异步电动机绕组排列方法

型 号	正弦绕组排列方法	
	主绕组槽节距与匝数	辅绕组槽节距与匝数
CO2—7112 180 W		
CO2—7122 250 W		

续表

型 号	正弦绕组排列方法	
	主绕组槽节距与匝数	辅绕组槽节距与匝数
CO2—7114 120 W		
CO2—7124 180 W		
CO2—8012 370 W		
CO2—8022 550 W		
CO2—8014 250 W		
CO2—8024 330 W		

续表

型号	正弦绕组排列方法	
	主绕组槽节距与匝数	辅绕组槽节距与匝数
CO2—9012 750 W		
CO2—9014 550 W		
CO2—9024 750 W		

表 3-15 CO 系列单相电容启动异步电动机正弦绕组排列方法

型号	正弦绕组排列方法	
	主绕组槽节距与匝数	辅绕组槽节距与匝数
CO6322 180 W		
CO6332 250 W		

型 号	正弦绕组排列方法	
	主绕组槽节距与匝数	辅绕组槽节距与匝数
CO6334 120 W		
CO6324 180 W		
CO7102 250 W		
CO7112 370 W		
CO7122 550 W		
CO7104 180 W		

续表

型号	正弦绕组排列方法	
	主绕组槽节距与匝数	辅绕组槽节距与匝数
CO8024 750 W	<p>32 29 21 11</p> <p>1 2 3 4 5 6 7 8 9</p>	<p>5 6 7 8 9 10 11 12 13 14</p> <p>32 39 21</p>
CO8014 550 W	<p>38 34 28 20</p> <p>1 2 3 4 5 6 7 8 9 10</p>	<p>6 7 8 9 10 11 12 13 14</p> <p>54 59</p>
CO7114 250 W	<p>45 77 45</p> <p>1 2 3 4 5 6 7</p>	<p>4 5 6 7 8 9 10</p> <p>40 69 40</p>
CO7124 370 W	<p>34 58 34</p> <p>1 2 3 4 5 6 7</p>	<p>4 5 6 7 8 9 10</p> <p>25 61 25</p>
CO8012 750 W	<p>40 37 32 25 15</p> <p>1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12</p>	<p>7 8 9 10 11 12 13 14 15 16 17 18</p> <p>19 30 40 46 50</p>

表 3-16 DO 系列单相电容运转异步电动机正弦绕组排列方法

型号	正弦绕组排列方法	
	主绕组槽节距与匝数	辅绕组槽节距与匝数
DO4512 15 W	<p>411 302 110</p> <p>1 2 3 4 5 6</p>	<p>4 5 6 7 8 9</p> <p>169 460 629</p>

续表

型 号	正弦绕组排列方法	
	主绕组槽节距与匝数	辅绕组槽节距与匝数
DO4522 25 W		
DO4514 8 W		
DO4524 15 W		
DO5012 40 W		
DO5022 60 W		
DO5014 25 W		

(4) 记录绝缘规格和尺寸

记录绝缘等级、槽绝缘结构和尺寸、规格和数量,槽楔的规格和尺寸,层间绝缘和相间绝缘尺寸和规格等,并画出槽绝缘结构图。

2. 拆除旧线圈

单相电动机有主、辅两种绕组,辅绕组烧毁的机会较多。这是因

为启动元件串在辅绕组内,一旦启动元件出现故障就会牵连辅绕组产生故障。通常主绕组在槽底层,辅绕组在槽上层,所以当只是辅绕组出现故障而主绕组完好时,要在保护好主绕组的情况下拆除辅绕组。

为了便于拆除旧绕组,通常采取加热软化绝缘的办法。加热方式可采用将电动机放入烘箱内加热至 200°C 左右,使绝缘软化。如果只更换一套绕组(比如辅绕组更换绝缘)另一套绕组保存继续使用时,温度不要太高,控制在 100°C 左右就可以,加热保温时间为 $1\sim 2\text{ h}$ 。电动机出炉后,应趁热拆除旧绕组。

如果没有烘箱设备,采用绕组通人大电流的办法,靠铜损耗加热线圈时,电源可利用现场电焊机,调好大电流通入绕组内加热线圈。采用这种方法要考虑到线圈故障是否严重,有严重的短路、断路故障是不能通入电流的,另外在加热时要注意线圈短路着火和人身安全问题。

拆除旧绕组时,用尖錾剔出槽楔,或用电工刀和锤子将槽楔顺槽的方向劈开,再用钳子一小条一小条地拔出碎槽楔。浸入环氧树脂的槽楔,拆除是非常困难的,必须采用上述破坏性的剔出办法。对于浸渍固化不牢的槽楔,可用较厚的锯条(长 $100\sim 200\text{ mm}$),将锯齿扎入槽楔表面,然后用锤子打击锯条片,将槽楔整根剔出来,如图 3-16 所示。

拆除旧线圈最好的办法是用扁铲将带有接线和引出线的一端齐槽口铲下去,然后将线圈的另一端用一字螺钉旋具撬松,把电动机夹在台虎钳上用手工钳子将线圈逐槽拔出来。在拔线圈之前,一定要将槽楔剔出并将连接线剪断。

对于槽楔和线圈粘结较牢,不易拆除的电动机,还可用丙酮、甲苯混合液(按质量比 $1:3$ 配制)浸泡绝缘,待线圈软化后,再进行拆除。

在现场,有时使用喷灯和气焊火焰烧线圈绝缘,这时要注意勿使铁芯过热(应小于 400°C)烧伤,否则铁芯冲片之间绝缘会被烧成炭

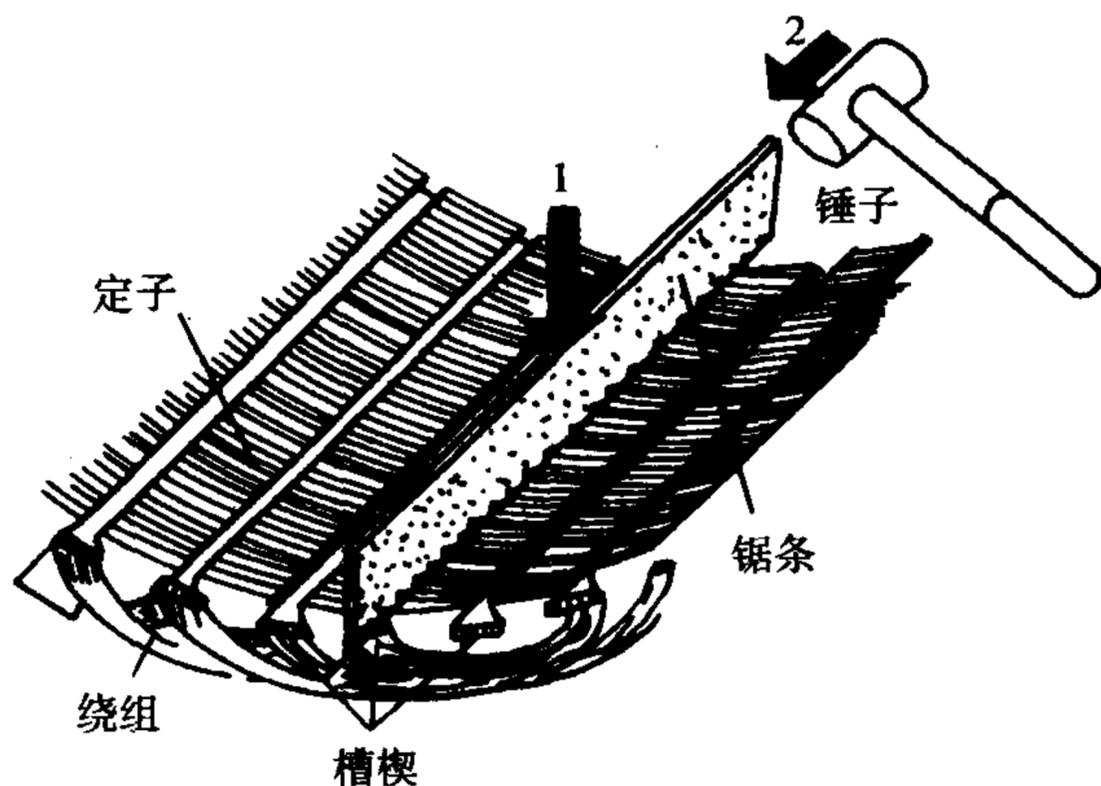


图 3-16 用锯条片剔出槽楔

1—用手按下 2—锤击方向

化且致铁芯变形,因冲片短路引起铁损耗大幅度上升,因铁芯变形引起定转子之间“扫膛”。

3. 清理铁芯

拆除旧线圈后,要彻底清理铁芯。清理时,要特别注意槽内残余绝缘必须清理干净,否则影响嵌线。单相电动机槽形小,清理困难,可用专用清理工具清理。用火烤绝缘时,不可烧铁芯,尤其齿部过热会发生铁芯短路事故。另外,要处理好铁芯的缺陷,如铁芯的扇张现象、歪倒的齿和齿压板等都要清理好。清理干净后,用压缩空气吹净槽内脏物,再用蘸有汽油的干净布擦拭。

4. 绕线模制作

绕线模的大小直接影响电动机的修理质量。绕线模做大时费铜线,使绕组电阻和端部漏抗增大,引起电动机性能降低,同时过大的线圈整形困难,线圈端部会顶着端盖造成线圈接地故障;绕线模做小时,嵌线困难,易发生线圈在槽口处损伤,槽绝缘破裂,形成对地击穿事故。

绕线模一般用硬木制造。如果有旧的绕线模,在使用前一定要详细检查,不可对付使用。绕线模常用的有两种,一种是菱形的,用

在功率较大的电动机上；另一种是弧形绕线模，常用在小型电动机上（见图 3-17a）。还有一种可调绕线模（见图 3-17b），可调节绕线模的长度。对于同心式绕组和正弦绕组可用图 3-17c 所示的绕线模。

为了便于拆下绕完的线圈，绕线模是用两块半模板拼成的。线模上有缺口，目的是用来放布带，待绕完线后绑扎绕好的线圈，以防线圈松散。

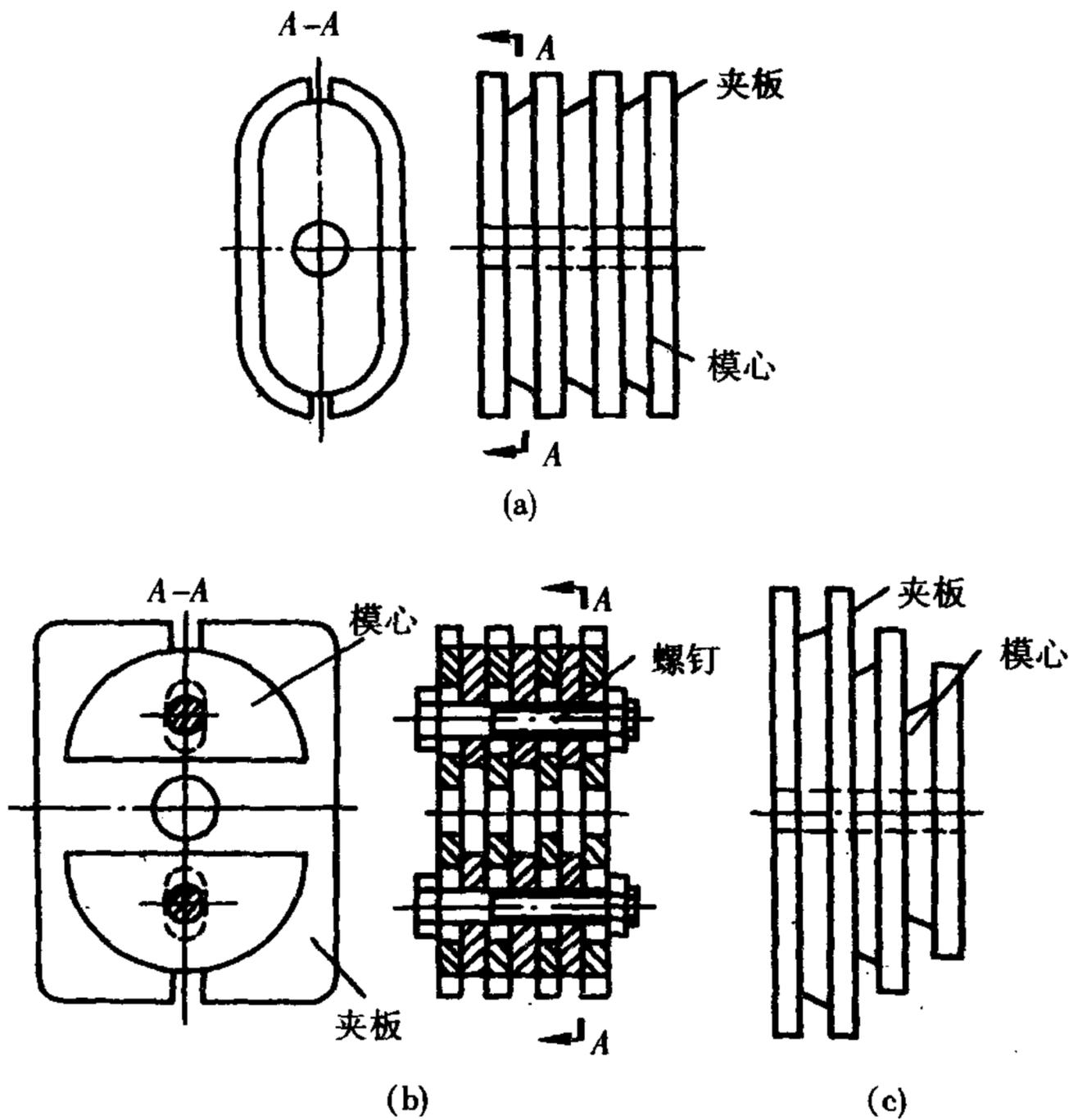


图 3-17 小型电动机常用的绕线模

a. 弧形绕线模 b. 可调绕线模 c. 同心式或正弦绕组用绕线模

由于单相电动机绕组匝数多，导线细软，所以为简单起见也可做成简易的圆形绕线模。先绕成圆形线圈，在嵌线时，用手把圆形捏成椭圆形，成为所需的线圈形状，嵌入槽内。这样做易于制造绕线模，同时也由于圆形绕线模在绕线过程中振动小，线圈拉力易于控制。

(1) 绕线模圆周长度简易确定法

在拆除旧线圈时,要选出较完整的一个线圈组,因为各线圈尺寸不一定相同,比如同心式绕组、交叉式绕组以及正弦绕组等,分别测量出各线圈尺寸和数出各个匝数。在测量尺寸之前,先要将这组完好的线圈用火烧去绝缘,在平台上整形,线匝弯曲部分要弄直;然后在每个不同线圈中选出三根长度较短的线匝,取其平均值。这个平均值便是每个线圈绕线模的圆周长度,按此长度换算出绕线模的直径尺寸,便可制出绕线模。

(2) 绕线模圆周长度简易算法

上述办法适用于有经验的修理人员,一般初学修理电动机人员(或是为了验证尺寸的正确性),单相单层绕组可按下面公式简易计算绕线模圆周长度。

①如图 3-18 所示,绕线模底层宽度 A_1 、上层宽度 A_2

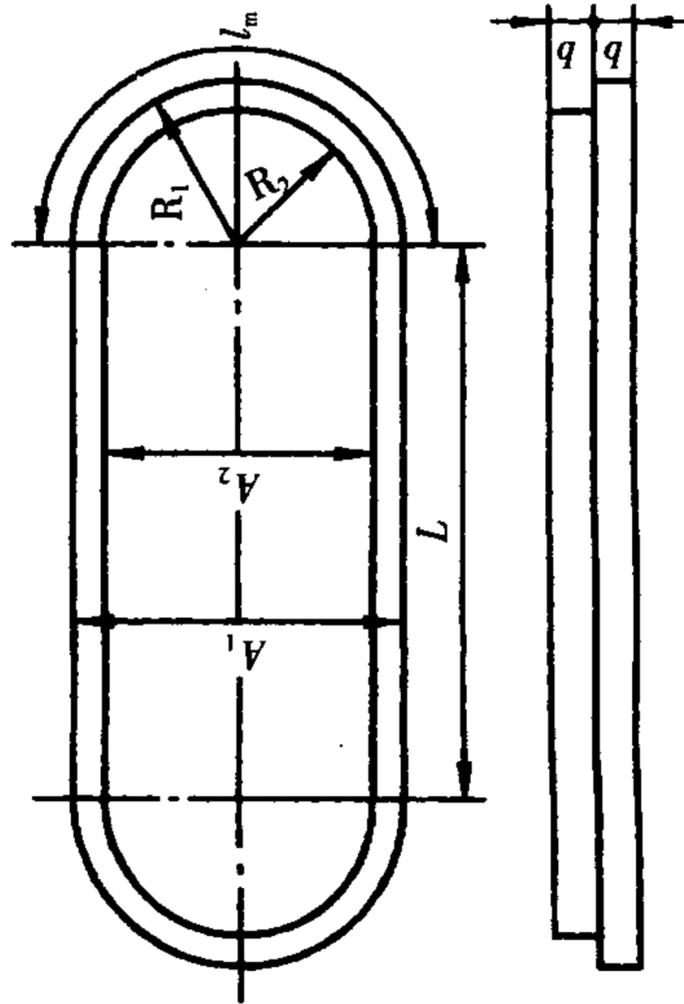


图 3-18 绕线模心外形图

$$A_1 = \frac{\pi(D_{il} + h_s)}{Q_1} (Y_1 - K)$$

$$A_2 = \frac{\pi(D_{il} + h_s)}{Q_1}(Y_2 - K)$$

式中 D_{il} ——定子铁芯内径, mm;

h_s ——定子槽高度, mm;

Q_1 ——定子槽数;

Y_1 、 Y_2 ——线圈节距(槽);

k ——修正系数, 2极取 2~3, 4极取 0.5~0.7, 6极取 0.5, 8极以上为零。

②绕线模直线部分长度 L

$$L = L_{FE} + 2d$$

式中 L_{FE} ——定子铁芯长度, mm;

d ——线圈一端伸出铁芯长度。

③底层端部半径 R_1 、上层端部半径 R_2

$$R_1 = A_1/2 + (5 \sim 8)$$

$$R_2 = A_2/2 + (5 \sim 8)$$

④绕线模底层端部圆弧长 l_{m1} 、上层端部圆弧长 l_{m2}

式中 K ——系数, 2极电动机取 1.20~1.25; 4极电动机取 1.25~1.30; 6~8极电动机取 1.30~1.40。

⑤模芯板厚度 b

$$b = (\sqrt{N_c} + 1.5)d_m$$

式中 N_c ——线圈匝数;

d_m ——绝缘导线外径, mm。

5. 准备电磁线和绝缘材料

电动机常用的电磁线有聚酯漆包圆铜线、缩醛漆包圆铜线和聚酰亚胺漆包圆铜线三种。

用在 E 级绝缘电动机上, 可选用 QQ—1、QQ—2 型 E 级绝缘的缩醛漆包圆铜线; 用在 B 级绝缘电动机上, 可选用 QZ—1、QZ—2 型聚酯漆包圆铜线; 用在 F 级以上绝缘等级电动机时, 采用聚酰亚胺漆包圆铜线, 型号为 QY—1、QY—2 型。以上型号后边的 1 或 2 是

绝缘厚度代号,2比1的绝缘厚度要厚些,如果槽内有余量,可优先选用厚绝缘。

选用小型电动机常用的绝缘材料时,对于E级绝缘,可选聚酯薄膜绝缘复合箔(一层聚酯薄膜,一层青壳纸),型号为6520或2920,厚度为0.15~0.30mm;对于B级绝缘可选聚酯薄膜聚酯纤维纸复合箔,型号为DMD或DMDM,厚度为0.20~0.25mm;对于F级绝缘,可选用F聚酯薄膜聚酯纤维纸复合箔,型号为F级DMD,厚度为0.25~0.30mm;对于H,可选用芳香族聚酰胺纤维纸薄膜复合箔,型号为NHN,厚度为0.20~0.35mm。

槽楔对于E级可选用竹楔;对于B级应选用3240号环氧本酚醛层压玻璃布板或选用引拔槽楔;对于F级应选用聚酰亚胺层压玻璃布板;对于H级可选用有机硅环氧玻璃布板。

材料准备好之后可进行绕线圈工作。

二、绕线工艺

1. 绕线准备

根据并绕根数放好线轴,一根线只用一个线轴放线即可。把绕线模安装在绕线机上,并固定好。绕线机有手动的和电动的两种。通常小型电动机的绕组是在手动绕线机上绕制,开始绕制时要把计圈器的指针调到零位,检查绕线机动作是否正常。

绕线模是根据绕线要求确定的,在绕制单层小型电动机线圈时最好是一次连续绕完一相或一个极相组的线圈,这样可节省过线的焊接头和套管,也避免开焊等隐患。如果绕线模不够,也可以单个线圈绕制,这样接头就非常多了。在绕小型双层绕组和正弦同心式绕组时,通常是连续绕完一个极相组线圈。

2. 绕线工艺

开始绕线时,要确认绕线模尺寸和电磁线规格是符合要求的。先试绕一个绕圈,拆下后检查线圈质量,合格后才能再继续绕线。

绕线时,右手顺时针转动绕线机手柄,左手从右边第一个模芯开

始放线,将线头留在跨线槽端,边绕边看计圈器指针,当达到所需匝数时,停止绕线,把导线从端部跨线槽过到第二个模芯上继续绕第二个线圈。

由于单相电动机线圈尺寸小,导线较细,所以绕线时拉力不可过大,否则导线会被拉细,造成绕组直流电阻增大,各线圈电阻不一致,使电动机因铜损耗增大而发热。另外拉力过大也会使电磁线外表漆膜拉裂,造成匝间短路隐患。拉力大小与导线粗细有关,绕线时可参考表 3-17。

表 3-17 较细导线绕制中的拉力

序号	导线直径/mm	拉力/N	序号	导线直径/mm	拉力/N
1	0.02	3.5×10^{-3}	17	0.18	0.27
2	0.03	7.5×10^{-3}	18	0.19	0.30
3	0.04	1.3×10^{-2}	19	0.20	0.32
4	0.05	2.1×10^{-2}	20	0.21	0.37
5	0.06	3×10^{-2}	21	0.22	0.40
6	0.07	4.2×10^{-2}	22	0.23	0.45
7	0.08	5.4×10^{-2}	23	0.24	0.48
8	0.09	6.9×10^{-2}	24	0.25	0.51
9	0.10	8.5×10^{-2}	25	0.26	0.56
10	0.11	0.1	26	0.27	0.62
11	0.12	0.12	27	0.28	0.66
12	0.13	0.14	28	0.29	0.70
13	0.14	0.16	29	0.30	0.75
14	0.15	0.19	30	0.31~0.35	0.79~0.89
15	0.16	0.22	31	0.36~0.40	0.92~1.03
16	0.17	0.24	32	0.41~0.51	1.38~1.63

在绕线过程中,要注意以下几点:

- (1)线圈匝数要准确。
- (2)线圈匝导线排列要整齐。
- (3)绕线时拉力大小要适当。
- (4)绕完后线圈绑扎要合适。
- (5)引出线和过线留的长短符合要求。

3. 线圈检查项目

- (1)用双臂电桥测量线圈的直流电阻值应符合要求。
- (2)线圈尺寸大小符合要求,线圈外观和导线绝缘状态正常。
- (3)线圈匝数正确。

三、嵌线和接线工艺

单相电动机嵌线工具较简单,常用的工具有线压子(压脚)、划线板(理线板)、剪刀、锤子、打板、电工刀等。

将线圈嵌入槽内的质量关键是要保护槽绝缘和导线绝缘不受损伤,尤其槽口处绝缘不应在压型时将其压破。导线在槽内排列要整齐,不可有导线交叉现象,尤其是槽满率较高时,往往因导线在槽内排列不整齐而造成匝间绝缘破裂。

通常单相电动机的主绕组嵌在槽的下层,辅绕组嵌在槽的上层。根据绕组形式和绕线方式不同,嵌线方式也不同。下面介绍单相电动机常见的几种嵌线方法。

1. 励磁绕组的嵌线

这类绕组是集中绕组,常用在小型鼓风机定子上(罩极绕组),另外手电钻的定子绕组也是采用这种绕组形式。定子铁芯无槽,绕组套放在铁芯的磁极上,通过销子或弹性纸楔撑在铁芯上,如图 3-19a、3-19b 所示,所以嵌装比较简单。

当励磁绕组绕好后,卸模,包好对地绝缘,然后经过压型达到所需尺寸(小型线圈不经压型,用手工整型即可),最后将线圈套入磁极

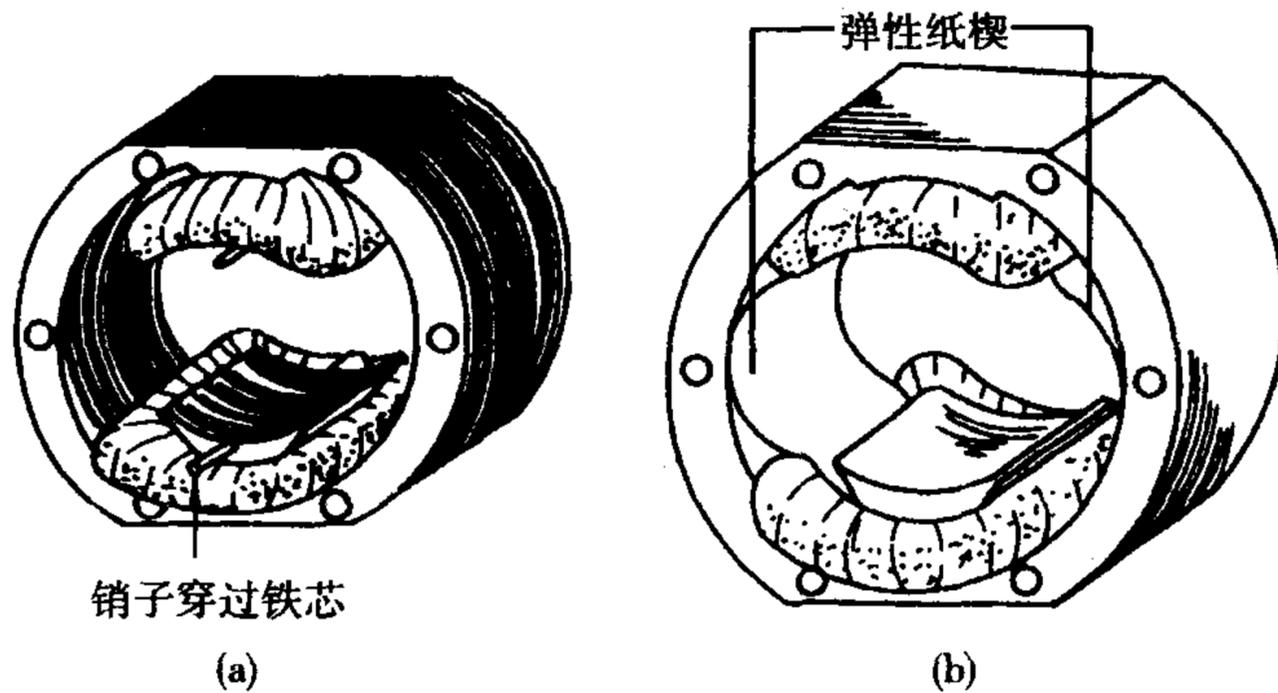


图 3-19 励磁绕组的嵌装

a. 铁芯穿过销子,把励磁绕组堵住 b. 绕组用弹性纸楔撑在铁芯上

内。可先浸漆后套入,也可先套入后浸漆,后者套入方便,套入后浸漆质量较好,因为可使线圈与铁芯粘成一体。在套入磁极时,应注意:①铁芯尖角勿损伤线圈绝缘,必要时要用绝缘纸垫上尖角处保护好;②线圈的极性要正确,比如上边是 N 极,下边是 S 极,如果把上下磁极线圈全接成 N 极或 S 极,则电动机转速减半,不能满足工作要求;③引出线方向不要弄错。

线圈套入磁极后,应检查有无匝间短路和断路故障,直流电阻应合格,最后还要做耐压试验。

2. 正弦绕组嵌线方法

图 3-20 是 2 极 16 槽正弦绕组展开图。主绕组有两个极相组,从左向右分别用 $U I$ 、 $U II$ 表示,辅绕组也有两个极相组,分别用 $Z I$ 、 $Z II$ 表示。

主、辅绕组每极相组都有三个同心式线圈串联,相邻的两个极相组(也就是两个极)是显极接法,所以是尾、尾或首、首相连接。

主绕组的首端用 $U1$ 、尾端用 $U2$ 表示;辅绕组的首端用 $Z1$ 表示,尾端用 $Z2$ 表示。

线圈的绕制是一个极相组绕一次,即绕完三个线圈后卸模,再绕另外一个极相组线圈,所以一台电动机共绕 4 次。绕线时是先绕小

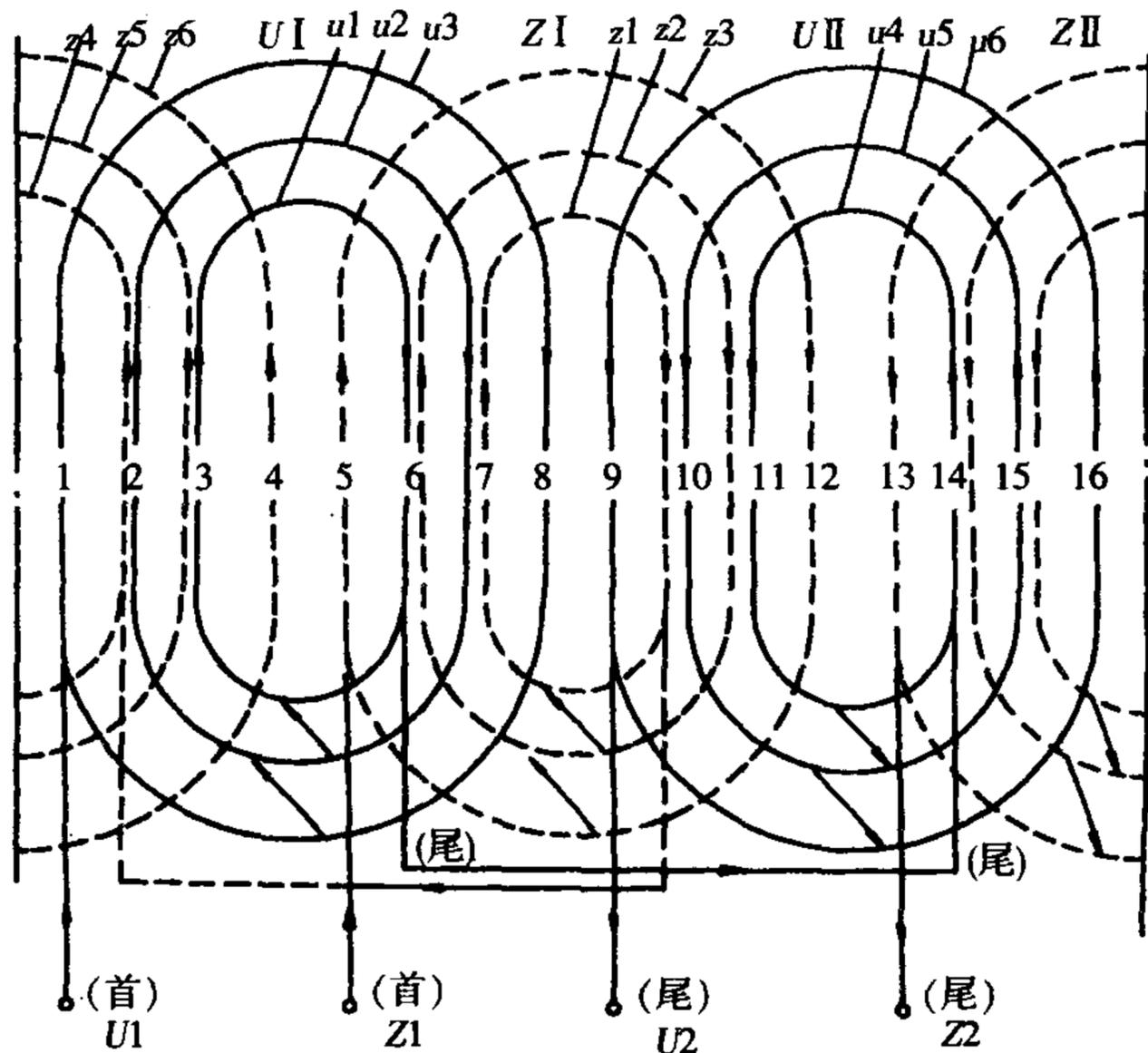


图 3-20 2 极 16 槽正弦绕组展开图

线圈,再绕中线圈,最后绕大线圈。

(1) 嵌线准备

①裁绝缘纸(槽绝缘、层间绝缘、相间绝缘);②准备槽楔;③准备嵌线工具(线压子、划线板、打板、锤子、剪刀、钳子、焊接工具和材料等);④准备引出线。

另外将欲嵌的线圈放在定子铁芯旁,按照绕组展开图,标志好线圈的首、尾和过线头,把线圈引出线和过桥线(即极相组之间的过线)都朝一个方向摆好。检查铁芯合格后将裁好的槽绝缘插入槽内,要求槽绝缘两端出槽长度一致。在槽口处为了加强绝缘,也可将出槽口的槽绝缘折回一段。

(2) 嵌线方法

①主绕组嵌线 先嵌主绕组,后嵌辅绕组,所以主绕组在槽的下层,辅绕组在槽的上层,如果一个槽又有主绕组又有辅绕组时,嵌

入主绕组线圈后要等辅绕组嵌入后才能打入槽楔；如果槽内只有一种绕组（如槽 1、4、5、8、9、12、13、16 只有一种绕组），嵌线后便可封槽，打入槽楔。

按嵌套线顺序把主绕组从左至右将线圈标为 $u_1、u_2、u_3、u_4、u_5、u_6$ ，而辅绕组从左向右将线圈标志为 $z_1、z_2、z_3、z_4、z_5、z_6$ 。

④先嵌主绕组的第一极相组 $U I$ 中的小线圈 u_1 ，然后再嵌 $U I$ 中的中线圈和大线圈。 $U I$ 中线圈嵌完后，再嵌第二个极相组 $U II$ 中的小、中、大线圈。选好槽 1 后，便可开始嵌线（槽 1 位置按原始记录或按距离出线盒较近的槽定为 1）。

⑤将定子铁芯水平放置，右手拿起线圈 u_1 在铁芯右侧，左手在铁芯左侧。先用右手把线圈 u_1 捏扁嵌入槽 6 的槽绝缘中，左手捏住线圈的另一端往槽里拉，右手将线圈捏扁往槽里推，如图 3-21a 和图 3-21b 所示。大部分线匝可入槽内，剩余的导线匝用划线板划入槽内。再用划线板（理线板）在槽内多划几次将槽内导线理顺。理线时，从这头划到另一头，不要中间停顿，否则不易理顺，可能出现导线交叉。线圈端部也要整理好，然后可插入槽内层间绝缘。将导线顺着槽来回轻轻拉动，使其平服，两端伸出槽等距；另外要检查槽绝缘

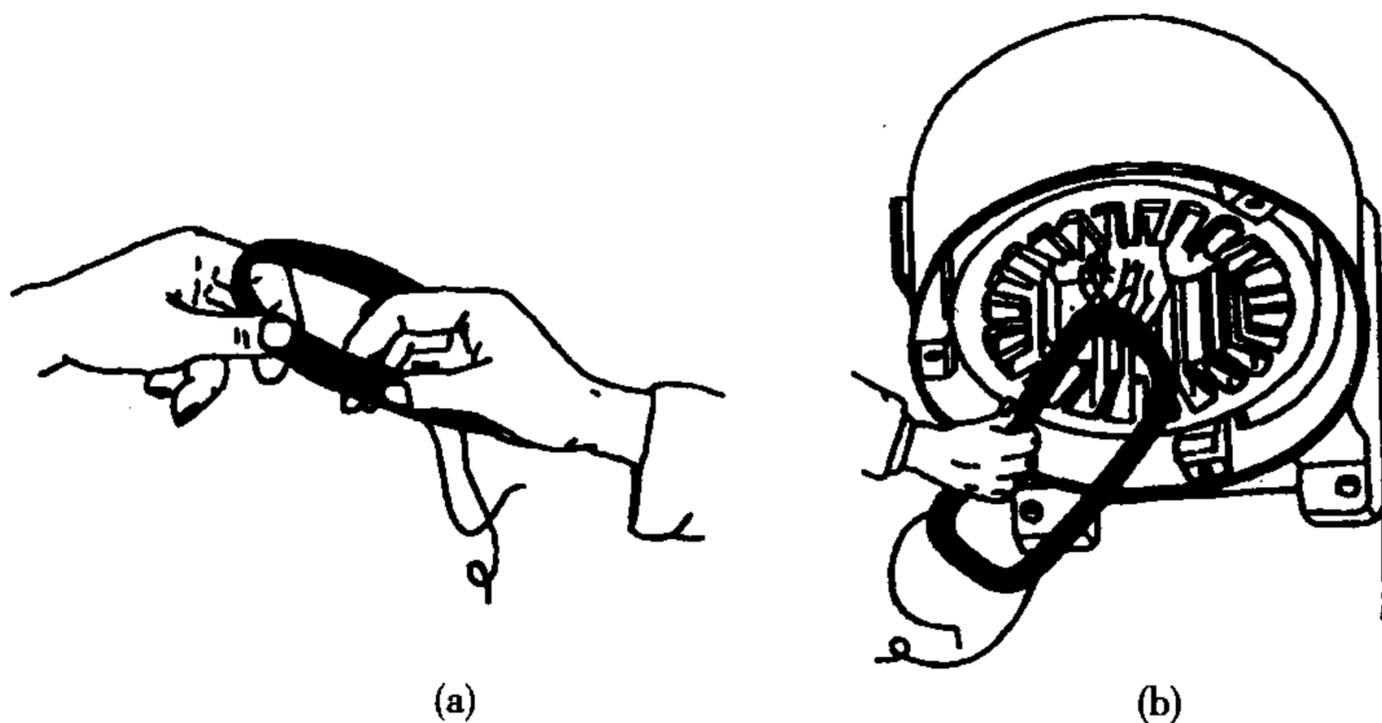


图 3-21 线圈嵌线情形

a. 捏扁线圈 b. 线圈嵌入槽的情景

是否移动了,要保持槽绝缘伸出铁芯槽两端长度相等。再检查层间绝缘是否垫正和包住导线,不可将导线偏到层间绝缘一侧,甚至未被层间绝缘包住。 u_1 右边嵌完线后,先不打槽楔,因为还有辅绕组的线圈 z_2 右边未入槽。这时可将 u_1 左边嵌入槽 3,嵌后放好层间绝缘,先不封槽。这时检查线圈 u_1 的过桥线是否在槽 6 内,如果在槽 3 内,则说明线圈嵌反了,改过来。

拿起线圈 u_2 ,其右边嵌入槽 7,左边嵌入槽 2 内,均不封槽。接着拿起大线圈 u_3 ,右边嵌入槽 8,左边嵌入槽 1,用线压子压好槽内导线之后,就可以在槽 8 和槽 1 内打入槽楔,因为这两个槽只有线圈 u_3 。检查引出线 U_1 是否在槽 1 内。至此 U 相的第一个极相组的线圈全部嵌完。

按上述操作方法把 U 相的第二个极相组 U_{II} 的三个线圈嵌入槽内。首先嵌线圈 u_4 ,右边入槽 14,左边入槽 11,过桥线在槽 14 引出。暂不封槽。再嵌套线圈 u_5 ,右边入槽 15,左边入槽 10,也不封槽。最后嵌线圈 u_6 ,右边嵌入槽 16,左边嵌入槽 9,用线压子压好槽内导线后,两个槽可以打入槽楔, U 相的尾端 U_2 从槽 9 引出。

②辅绕组嵌线 按主绕组的嵌线操作方法,先嵌 $Z I$ 极相组中的小线圈 z_1 ,其右边嵌入槽 10,左边嵌入槽 7,因为槽内已有线圈 u_5 的左边和 u_2 的右边线圈,所以嵌入线圈时因槽内较挤,所以必须用线压子将槽内导线压平,否则无法打入槽楔。当线圈 z_1 往槽内嵌时,要随嵌随用线压子把导线压实,但要注意槽内导线已经用划线板理顺,线压子要平压,不可用线压子尖部或尾部局部受力,另外用力不可猛,用小锤头轻敲线压子将导线压实。然后用划线板把槽绝缘在槽口部分折过来,包住导线,再用线压子压折过的绝缘纸将槽内导线进一步压实,就可以打入槽楔封槽口了。要求槽楔进入槽内松紧合适,如果太松,要在槽楔下面垫上绝缘板条后再打入槽楔。要求槽楔两端伸出槽的长度相等。

线圈 z_1 的左边嵌入槽 7 后,按上述操作方法打入槽楔。检查线圈的过桥线应在槽 10 处。按嵌线圈 z_1 的方法把中线圈 z_2 的右边

嵌入槽 11, 左边嵌入槽 6, 均打入槽楔。Z I 极相组的最大线圈 z_3 的右边嵌入槽 12, 左边嵌入槽 5, 嵌后经划线板理顺和压实, 打入槽楔, 引出线 Z1 应在槽 5 内引出。

辅绕组 Z II 极相组的嵌线方法同 Z I 极相组, 也是先嵌小线圈 z_4 、再嵌中线圈 z_5 , 最后嵌大线圈 z_6 。引出线 Z2 应在槽 13 中引出。

线圈 z_4 右边嵌入槽 2, 左边嵌入槽 15; 线圈 z_5 右边嵌入槽 3, 左边嵌入槽 14; 线圈 z_6 右边嵌入槽 4, 左边嵌入槽 13 内。

检查: U1 从槽 1 进入, 按顺时针方向电流流入槽 8, 再按顺时针方向流入槽 2 和槽 7, 再流入小线圈 u_3 的右边槽 3, 再流入槽 6 后从过桥线流出进入 U II 极相组的小线圈 u_4 的右边槽 14, 这时按反时针方向流入 u_4 的左边槽 11, 再按反时针方向流入中线圈的槽 15 和槽 10, 最后流入大线圈 u_6 的右边槽 16 和左边槽 9, 从引出线 U2 流出。辅绕组从 z_1 起头进入大线圈 z_3 的左边槽 5, 按顺时针方向再进入右边的槽经过桥线进入 Z II 的小线圈 z_4 右边槽 2, 按反时针方向流入槽 15、槽 3、槽 14、槽 4、槽 13 流出, 达到 Z2。

不管是主绕组还是辅绕组, 电流在第一个极相组内作顺时针方向流动, 在第二个极相组内作反时针方向流动。

检查无误后, 要在主、辅绕组之间垫入相间绝缘纸。相间绝缘纸用 0.12 mm 厚的 DMD 绝缘纸剪成与绕组端部外形相近的形状, 如图 3-22 所示。



3-22 相间绝缘纸形状

要求相间绝缘纸垫好后, 绕组端部应露出 1~2 mm, 并要从槽绝缘口处开始垫, 不可漏垫。最后把主绕组过桥的过桥线焊接上, 套入套管, 也把辅绕组的过桥线焊接上, 套入套管。

最后按图 3-20 检查,符合图样的接线要求即可。

3. 同心式绕组嵌线方法

图 3-23 是单相 4 极 24 槽同心式绕组展开图。

主绕组有四个极相组 $U I$ 、 $U II$ 、 $U III$ 、 $U IV$,每个极相组内有 3 个同心式线圈串联。每个线圈从左向右分别用 $u1$ 、 $u2$ 、 $u3$ 、 $u4$ 、 $u5$ 、 $u6$ 、 $u7$ 、 $u8$ 、 $u9$ 、 $u10$ 、 $u11$ 、 $u12$ 表示。因为是 4 极电动机,显极接法,所以相邻极相组一正一反接线,即尾、尾相接或首、首相接,如图 3-23b 所示。

辅绕组也有 4 个极相组,用 $Z I$ 、 $Z II$ 、 $Z III$ 、 $Z IV$ 表示,每个极相组是由两个同心式线圈串联构成。从左向右每个线圈用 $z1$ 、 $z2$ 、 $z3$ 、 $z4$ 、 $z5$ 、 $z6$ 、 $z7$ 、 $z8$ 表示。辅绕组也是显极接法,如图 3-23c 所示。

准备工作和嵌线操作工艺同前述,下面介绍具体嵌线程序。

(1) 主绕组嵌线

先嵌主绕组,再嵌辅绕组,介绍主绕组嵌线时,槽内不存在辅绕组,所以只有主绕组线圈的槽(槽 1、2、6、8、12、14、18、20、24)嵌完线之后就可以封槽,而其他槽还要等辅绕组线圈嵌入后才能封槽。

主绕组每极串联大、中、小三个线圈,它们的节距分别为 1—7、1—5、1—3 槽。

①首先拿起极相组 $U I$ 的小线圈 $u1$,右边嵌入槽 5,左边嵌入槽 3 内,引出线 $U1$ 从槽 3 引出。嵌后,槽内垫上层间绝缘,因为要等辅绕组线圈 $z1$ 的左边和 $z7$ 的右边嵌入,所以先不封槽。

②拿起线圈 $u2$,右边嵌入槽 6,左边嵌入槽 2,因为只有 $u2$ 的线圈边,所以槽内导线理顺压平后就可以打入槽楔封槽。

③嵌线圈 $u3$,右边嵌入槽 7,左边嵌入槽 1。过线从槽 7 引出,嵌线后不封槽,等线圈 $u6$ 的左边嵌入后才封槽。槽 1 嵌后可封槽。

④ $U I$ 的 3 个线圈嵌完检查正确后,开始嵌 $U II$ 的 3 个线圈,也是先嵌小线圈 $u4$,然后嵌 $u5$ 、 $u6$ 。线圈 $u4$ 的右边嵌入槽 11 内,先不封槽,左边嵌入槽 9 内,过线从槽 9 引出,也不封槽,只把层间绝缘垫入包好导线即可,等辅绕组 $z3$ 的左边和 $z1$ 的右边嵌入槽 11 和槽 9

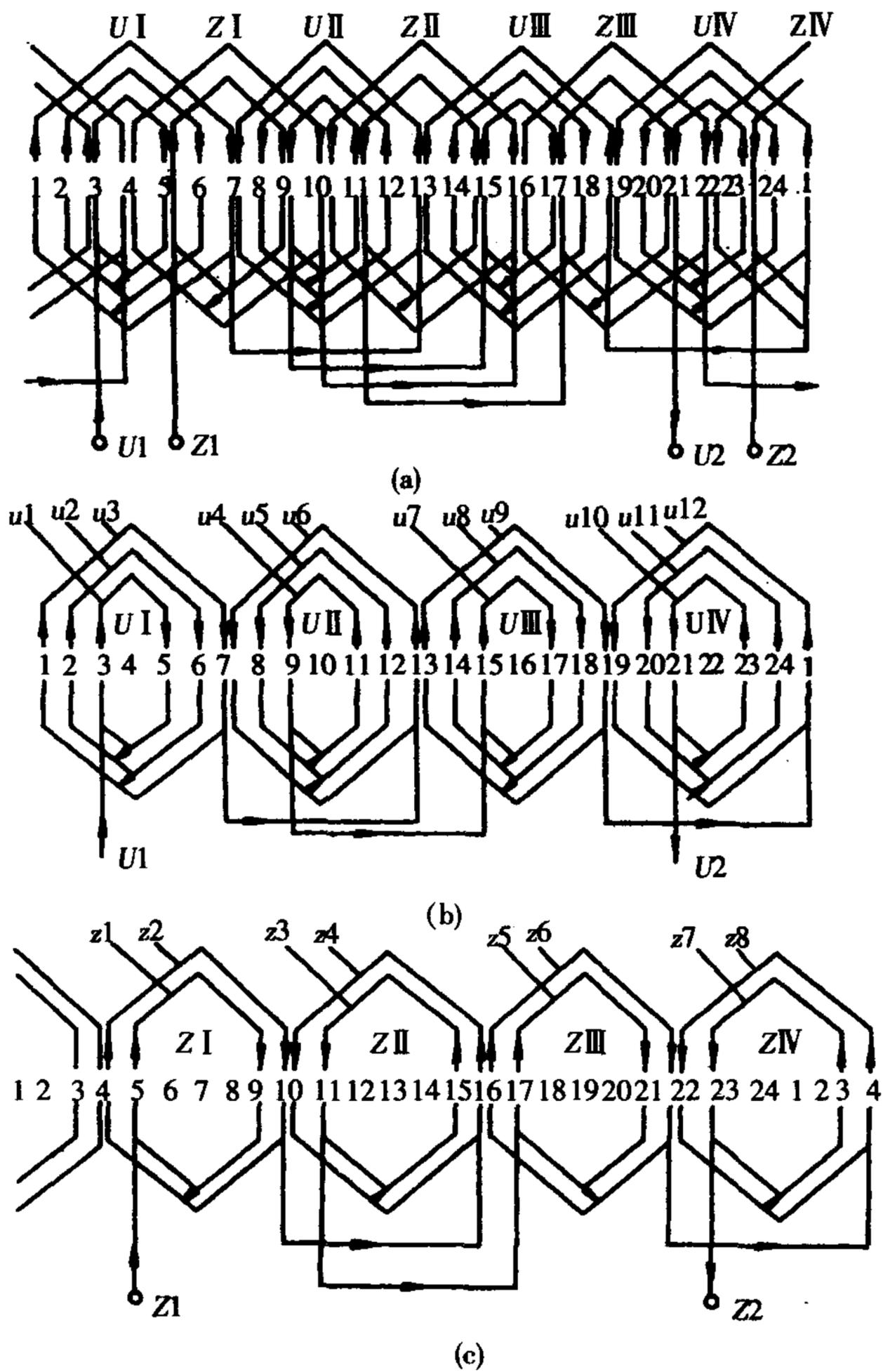


图 3-23 单相 4 极 24 槽同心式绕组展开图

a. 单相同心式绕组展开图 b. 主绕组展开图 c. 辅绕组展开图

后再把两个槽打入槽楔封好。

⑤嵌线圈 u_5 , 右边嵌入槽 12, 左边嵌入槽 8, 均打入槽楔封槽。

⑥嵌线圈 u_6 , 右边嵌入槽 13, 左边嵌入槽 7, 过线从槽 13 引出。槽 13 暂不封槽, 槽 7 可以打入槽楔封槽。

⑦嵌极相组 U_{III} 中的小线圈 u_7 , 右边嵌入槽 17, 左边嵌入槽 15, 过线从槽 15 引出。槽 17 和槽 15 均不封槽。

⑧嵌线圈 u_8 , 右边嵌入槽 18 内, 左边嵌入槽 14 内, 导线理顺压平后, 这两槽可打入槽楔。嵌线圈 u_9 , 右边嵌入槽 19 内, 左边嵌入槽 13 内, 过线从槽 19 引出, 垫上层间绝缘, 暂不封槽, 槽 13 可以打入槽楔封槽。

⑨嵌极相组 U_{IV} 中的小线圈 u_{10} , 右边在槽 23 内, 左边嵌入槽 21 内, 引出线 u_2 在槽 21 内引出。这两槽嵌后暂不封槽, 等线圈 z_7 的左边嵌入槽 23, 线圈 z_5 的右边嵌入槽 21 之后再打入槽楔封槽。

嵌线圈 u_{11} , 右边嵌入槽 24, 左边嵌入槽 20, 嵌后整理压平导线, 就可以在槽 24 和槽 20 内分别打入槽楔封槽。

线圈 u_{12} 右边嵌入槽, 打入槽楔, u_{12} 的左边嵌入槽 19 内, 打入槽楔。至此, U 相线圈全部嵌完, 其中有些槽只垫入层间绝缘纸, 未封槽, 等辅绕组线圈嵌入槽后再打槽楔封槽。

检查: 首端 U_1 在槽 3 进入, 在槽 21 引出 (U_2)。 U_I 与 U_{II} 的过桥线从槽 7 到槽 13 引出, U_{II} 与 U_{III} 的过桥线从槽 9 到槽 15 引出; U_{III} 与 U_{IV} 的过桥线从槽 19 到槽 1 引出。共有 6 个过桥线头, 按上述槽号准确连接。

(2) 辅绕组嵌线

辅绕组每极相组有 2 个线圈串联, 4 极共有 8 个线圈。大线圈节距 1—7 槽, 小线圈节距 1—5 槽 (如图 3-23c 所示)。

首先嵌 Z_I 中的线圈 z_1 , 右边嵌入槽 9, 左边嵌入槽 5 中, 引出线 Z_1 在槽 5 中引出。槽 9 和槽 5 中导线整理后封槽, 打入槽楔, 然后将线圈 z_2 , 右边嵌入槽 10 内, 过线从槽 10 引出, 左边嵌入槽 4 内, 放发层间绝缘纸, 两个槽均不封槽, 待线圈 z_4 的左边嵌入槽 10, 线圈 z_8 的右边嵌入槽 4 后再打入槽楔封槽。

嵌 Z_{II} 极相组中的小线圈 Z_3 , 右边嵌入槽 15, 封槽打入槽楔, 左

边嵌入槽 11,过线从槽 11 中引出,打入槽楔。嵌线圈 Z4,右边嵌入槽 16 内,先不封槽,左边嵌入槽 10 内,打入槽楔封槽。

嵌 ZⅢ极相组中的小线圈 Z5,右边嵌入槽 21 中,左边嵌入槽 17 中,引出线从槽 17 引出。两槽均打入槽楔。嵌线圈 z6,右边嵌入槽 22 中,左边嵌入槽 16 中,打入槽楔,过线从槽 22 引出。线圈 z6 暂不打入槽楔。

嵌 ZⅣ极相组中的小线圈 z7,右边嵌入槽 3 中,左边嵌入槽 23 中,引出线从槽 23 中引出。两槽均打入槽楔。嵌线圈 z8,右边嵌入槽 4 中,打入槽楔,左边嵌入槽 22 中,打入槽楔,过线从槽 4 中引出。以上主、辅绕组全部嵌完。下一步加线圈两端的端部相间绝缘垫。

在以下相邻的极相组之间均应垫入相间绝缘垫:UⅠ与 ZⅠ之间;ZⅠ与 UⅡ之间;UⅡ与 ZⅡ之间;ZⅡ与 UⅢ之间;UⅢ与 ZⅣ之间;ZⅣ与 UⅣ之间;UⅣ与 ZⅣ之间;ZⅣ与 UⅠ之间。

以上所述线圈嵌入槽时,先要随嵌随用压线板(线压子)压紧槽内导线和用划线板(理线板)理顺槽内导线;当全部导线嵌入槽中后,剪去高出槽口的槽绝缘;最后将槽绝缘的槽口部分折回交叠压入槽内,放好压盖纸之后打入槽楔。槽楔要打紧,不可发空声。

极相组之间的连接是:先将两极相组的引出过线(过桥线)的线头剥去绝缘外皮,长度为 20~25 mm;然后各套入 30 mm 左右长的绝缘套管,再用直径较大的,长度约 50 mm 的绝缘套管套在其中任一个小套管上,并将两个连接的线头绞接在一起,进行焊接。焊接后,立刻用旧布擦去多余的锡钎料,使其表面光滑,无毛刺和锡瘤;最后,将小绝缘套管推向焊接处,并把大直径的绝缘套管套在两个小套管的接合处。

主、辅绕组连接好之后,再将软线焊到每相绕组的首、尾端(U1、U2、Z1、Z2),作为电动机的引出线,并接到电动机出线盒的接线柱上。

4. 绕组嵌线质量要求

(1)嵌线环境干净,嵌线过程中勿使杂物落入槽内。

(2)槽绝缘伸出铁芯两端要相等。

(3)导线不可与铁芯接触,尤其槽楔下面的槽盖纸不可偏斜。

(4)导线在槽中排列整齐,无交叉现象。

(5)线圈端排列整齐,整形符合要求,

(6)嵌线次序正确,极性无误。单相电动机接线方式大都采取反串联方式,即相邻两极相组的极性是相反的,构成N、S极。用电流方向表示时,一个极相组是顺时针时,则相邻的极相组是反时针方向。

5. 电动机质量检查

绕组嵌、接线和整形后要做以下检查。

(1)外观检查

①槽楔不高出铁芯面。

②绕组伸出铁芯两端长度一致;绕组端部排列整齐,相间绝缘垫得正确。绕组端部整形正确、尺寸符合要求。

(2)检查接线

按绕组展开图检查绕组接线是否正确,必要时可在未浸渍之前把定子、转子装配好后,辅绕组接入启动元件(如电容器等)通电试转动,看转动是否正常。

(3)测绝缘电阻

因为是低压电动机,可选用500V绝缘电阻表测绕组绝缘电阻,对地的绝缘电阻应不小于300M Ω ;主、辅绕组之间的绝缘电阻应是 ∞ 。

(4)测直流电阻

用多用表测量两绕组的直流电阻,分别测出的直流电阻值不应超过标准值的 $\pm 2\%$ 。

四、绕组的绝缘处理

1. 绕组浸渍和涂覆盖漆的目的

(1)绕组浸渍的目的在于:①改善绕组的导热性和提高其散热

性;②提高绕组耐电气强度;③提高绕组机械强度,使绕组粘结成一个整体,从而提高抗震性和机械稳定性;④提高绕组抗潮性、防霉性以及化学稳定性。

(2)绕组加涂覆盖漆的目的在于:①提高绕组表面机械强度;②使绕组表面形成光滑的漆膜,增强耐油、耐电弧能力;③由于表面漆膜光亮、坚硬,可防止粉尘堆积,一旦积落粉尘,易于清除;④提高防霉能力。

2. 浸渍烘干工艺

(1) 预热

预热目的是为了驱除线圈中潮气,同时加热线圈,保证浸渍温度。预热温度一般控制高于线圈绝缘耐热等级 $5\sim 10^{\circ}\text{C}$ (因短期超过耐热等级是允许的),以缩短预热时间。预热过程中,每小时要测量一次电动机绝缘电阻值。当绝缘电阻值连续三次不变时,则认为绝缘电阻已稳定,预热完毕。

(2) 浸漆

当前有沉浸法、浇漆法、真空浸漆和真空压力浸漆等方法。对于槽满率高、导线匝数多、线径细的电动机,宜采用真空压力浸漆法,目前多采用浇漆法和沉浸法。

当预热后绕组温度降至 $60\sim 80^{\circ}\text{C}$ 时,便可开始浸漆。绝缘漆的黏度用涂-4黏度计测量。

第一次浸漆的目的是为了使绝缘漆充满绕组和槽内所有缝隙当中,所以要求漆的流动性和渗透性要好,一般要求 20°C 时漆的黏度为 $18\sim 23\text{ s}$ 。第二次浸漆目的是为了在绝缘表面形成漆膜,所以绝缘漆黏度要高些,一般要求 20°C 时漆黏度为 $28\sim 32\text{ s}$ 。

(3) 浸烘工艺

电动机的浸烘可分为两个阶段。第一阶段是使绝缘漆中的溶剂挥发掉,所以烘干温度不必太高,也称为低温阶段。烘干温度控制在略高于溶剂的挥发点即可,如二甲苯的挥发点是 78.5°C ,所以第一阶段的烘干温度控制在 $70\sim 80^{\circ}\text{C}$ 即可。这段烘干时间为 $2\sim 4\text{ h}$ 。

此阶段的特点是溶剂大量挥发,所以要勤放风,排出炉内大量烟气,以防止着火和爆炸事故发生。第二阶段是使绝缘漆基氧化和聚合,形成牢固的漆膜阶段。这时炉温可提高到 $130^{\circ}\text{C} \pm 5^{\circ}\text{C}$,为高温阶段。此阶段由于绝缘漆基的化学反应,要求炉内有大量新鲜空气进入,所以要定时补入外界空气,以增强漆膜强度和缩短烘干时间。这段时间内,要每隔一小时测量一次电动机的绝缘电阻值。当连续稳定三次绝缘电阻值不变时,便认为电动机已干燥完毕。

(4)涂覆盖漆

电动机浸烘完毕后,趁热在 $50 \sim 80^{\circ}\text{C}$ 时进行涂覆盖漆工艺。一般采用喷漆方式,无此设备亦可用刷漆方式,但要刷匀,刷全面,否则不易保证质量。涂覆盖漆质量要求是漆膜厚度均匀,表面光亮。采用二次喷漆比一次喷漆达到同样厚度的质量要好。如果使用晾干漆时,喷后可不经烘干处理;对于潮湿的恶劣环境要多喷几遍漆,如三遍漆。

3. 绕组浸烘出现质量问题的原因和解决办法

(1)绝缘漆未浸透

造成的原因和解决办法如下:

①绝缘漆黏度太高 绕组表面挂上一层漆,但没有浸入绝缘的毛细孔中。因此要求绝缘漆的黏度必须符合工艺规程要求。

②浸渍时间短 采用浇漆法时,浇的时间短;有的只从一端浇漆,电动机不翻个,另一端未浇透。解决办法是改用浸漆法;或者延长浇漆时间,两端浇漆,使漆浸透。

③绝缘漆和绕组的温度不符合工艺要求,温度过高过低均不好。绕组温度过高时,绝缘漆未渗入到绝缘的毛细管内就已固化,造成浸不透;绕组温度过低时,漆的流动性不好,也不能在规定浸漆时间内很好的浸入绝缘内部。

(2)烘干不彻底

造成的原因和解决办法如下:

①烘房内热风流动不好,绕组受热不均匀,有死角。

②烘干时间不够。

③炉内温度低,或测量温度计指示不准。

④未按浸烘工艺进行。

烘房最好采取热风循环,使炉内温度均匀,无死角。另外温度计应放置在烘房内平均温度处,不可放在最热或最冷位置。

严格按浸烘工艺进行,每隔 1h 测量一次绝缘电阻值,测量之前一定要断电。当绝缘电阻值升至最高点后,稳定 6~8 h 不变,则认为烘干终止。

(3)绕组烘干时间很长,但绝缘电阻值总是升不上去造成的原因和解决办法如下:

①烘前,电动机未彻底吹风清扫,有油泥和粉尘,虽然长时间烘干,绝缘电阻值也不会上升。

②线圈有接地点。烘前一定要处理好,否则不能进行烘干。

③绝缘材料有薄弱环节。应选用合格的绝缘材料。

④绝缘漆有杂质。要过滤,过期的绝缘漆不可再用。

⑤浸烘温度不够。应严格控制温度,并保证足够的烘干时间。

(4)绕组表面未形成光亮的漆膜和坚固的整体造成的原因和解决办法如下:

①绝缘漆过期失效。失效变质的漆不可使用。

②绝缘漆黏度低,浸渍次数不够。提高绝缘漆黏度,增加浸渍次数。

③烘干时间和温度不够。保证烘干时间和温度。

④稀释剂牌号不对。选用正确的稀释剂。

(5)漆膜有针孔或麻点

造成的原因和解决办法如下:

①预热时间短,潮气未能全部逸出,浸漆后,绕组内部潮气突破漆膜跑出,造成针孔或麻点。加长预热时间。

②绝缘漆黏度太高,第一次烘干时绕组内部存有气泡,第二次浸烘时,内部气体才逸出。适当降低绝缘漆黏度。

③低温烘干时,升温太快。按照规定升温。

④绝缘漆变质或稀释剂牌号不对。选用合适的牌号。

第四章 三相异步电动机

第一节 三相异步电动机的结构及原理

三相异步电动机由于具有结构简单、价格低廉、坚固耐用、制造、使用和维修方便等优点,并且它还具有较高的效率及接近于恒速的负载特性,故能满足绝大部分工农业生产机械的拖动要求。因而它是各类电动机中产量最大,应用最广的一种电动机。据统计在全国电动机使用总量中80%以上是三相异步电动机,由此可见其重要性和影响力。三相异步电动机的缺点是功率因数低、调速性能差,但由于交流电子调速技术的迅猛发展,使其调速性能有了长足进步,这必将进一步扩大它的应用范围。

一、三相异步电动机的工作原理

图4-1所示为一台最简单的三相异步电动机定子和转子。若在定子绕组内通入三相交流电,即会产生一个同步转速 n_1 的旋转磁场。在 t_0 瞬时,其磁场分布将如图中所示。当磁场以 n_1 速度顺时针方向旋转时,由于转子导体与旋转磁场间产生相对运动而在转子导体内产生感应电动势,该电动势方向可用发电机右手定则确定。在应用右手定则时必须注意一点,通常所涉及的磁场是静止的,是导体去切割磁感线。而异步电动机的情况却与此相反,如果在这里将磁场看作不动,导体则以逆时针(即反向运动)去切割磁感线,这样根据右手定则可以确定转子导体上半部的感应电动势方向是由里向外的,用箭头“ \odot ”表示;导体下半部的感应电动势方向则是由外向里的,用箭尾“ \otimes ”表示。由于转子导体两端是被短路环短接的,在感应

电动势的作用下,转子导体内将产生与感应电动势方向基本一致的感应电流(由于转子导体中存在感抗,故两者将相差一个 φ 角)。这些载有电流且又自成回路的转子导体,在旋转磁场中又将会受到作用力,其方向可用电动机左手定则来确定,如图4-1中所示。这些作用于转子导体上的电磁力则在转子的转轴上形成转矩(称为电磁转矩),其作用方向与定子旋转磁场方向相同,因此转子就顺着旋转磁场的方向转动起来。必须指出,转子的转速 n 永远小于旋转磁场的同步转速 n_1 。若 $n=n_1$,转子导体将不会切割磁感线,因而就不产生感应电动势、电流和电磁转矩。由此可见,异步电动机转子的转速 n 总是低于旋转磁场的同步转速 n_1 ,这样旋转磁场才能保持对转子导体的切割而使其产生感应电动势。实际使用中的异步电动机定子磁场不是静止的让转子导体切割,它是依靠通入定子绕组的三相交流电所产生的旋转磁场去切割转子导体。

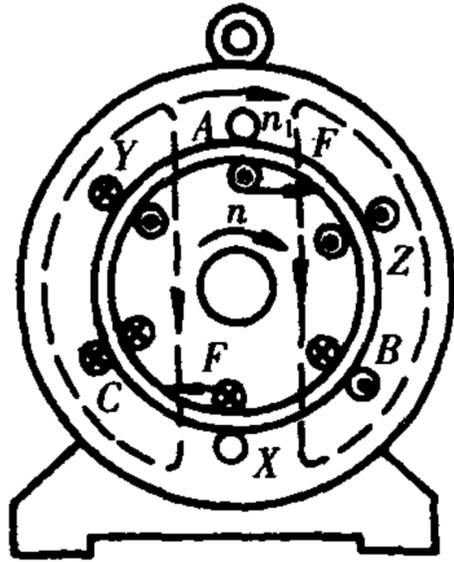


图4-1 三相异步电动机工作原理

当异步电动机定子三相绕组中通入三相对称电流时,在定、转子间隙中就会产生一个旋转磁场,将定子从交流电源获得的电能经过电磁转换传递到转子,然后转子以机械能的形式从转轴上输出。下面我们就来分析这个旋转磁场是怎样建立起来的。

如图4-2所示,在定子铁芯圆周上对称分布着空间位置互成 $\frac{2\pi}{3}$ 的AX、BY、CZ三个线圈,也即最简单的三相绕组,把这三个绕组按

星形接法进行连接,并将它们接到在相位互成 $\frac{2\pi}{3}$ 电气角度的三相对称电源上,如图4-3所示,于是在三相绕组中就出现了三相对称电流。为了分析方便我们可以规定,当电流为正值时绕组中电流由始端流向末端;电流为负值时绕组中电流则从末端流向始端。依照这个规定,来分析在不同瞬间由三相电流所产生磁场的变化情况。

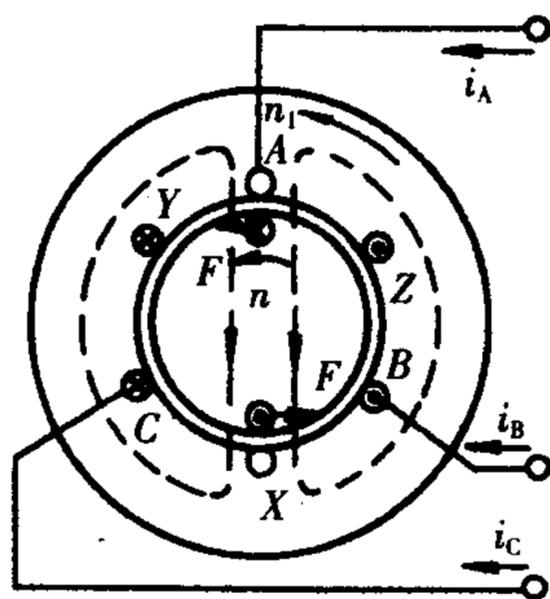


图4-2 空间位置互成 $\frac{2\pi}{3}$ 电气角度的三相绕组

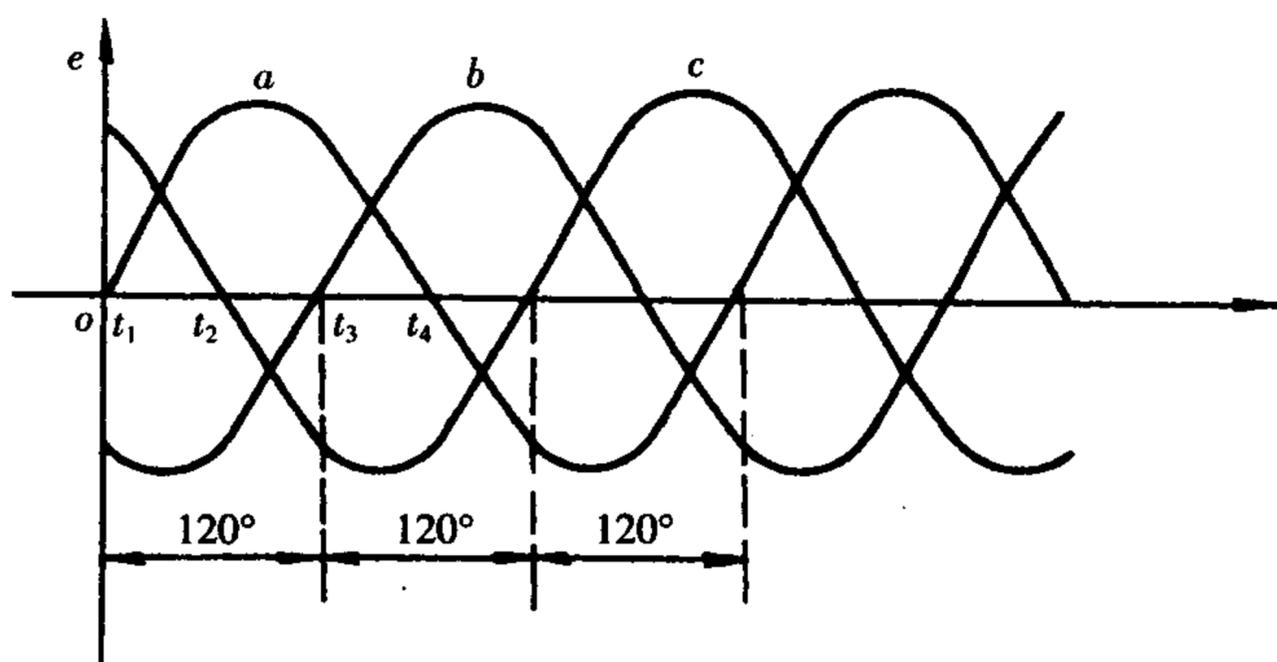


图4-3 互成 $\frac{2\pi}{3}$ 的三相对称电源

首先来分析在 t_1 瞬间三相电流在绕组中所建立的磁场,从图

4-3可以看出,在 t_1 瞬间($\omega t=0$),即 $i_A=0$, i_B 为负值, i_C 为正值, i_B 和 i_C 数值相等但方向相反。这时电流通过三相绕组的情况将如图 4-4(a)所示 i_B 为负值,即电流 i_B 从 B 相绕组的末端 Y 流向始端 B; i_C 为正值,即电流 i_C 从 C 相绕组的始端 C 流向末端 Z; i_A 中的电流为零。这也就是说在 Y、C 导体(BY、CZ 线圈的两个有效边)中,其电流是从外流入纸面,而在 B、Z 导体(BY、CZ 的另外两个有效边)中,电流则为从纸面向外流出。因此,对这三个绕组六个有效边,除 A、X 中没有电流以外,其他四个有效边可以按照电流在 t_1 瞬间的方向划分为两组,一组(Y、C 两个有效边)中其电流为向纸面流入;另一组(B、Z 两个有效边)中其电流则为从纸面流出,依电流所产生磁场的方向,可以根据右手螺旋定则确定。图 4-4a 中,为由 i_B 和 i_C 产生的磁场用磁感线显示出的情况,这个磁场的轴线为垂直向上的。

接着再看图 4-3 中的 t_2 瞬间($\omega t=\frac{\pi}{3}$), i_A 为正值; i_B 为负值; $i_C=0$,即 i_A 为从 A 相绕组的始端 A 流向末端 X, i_B 则从 B 相绕组的末端 Y 流向始端 B。这也就是说在 A、Y 导体中为电流从外流入纸面,而在导体 X、B 中则为电流由内自纸面流出,情形就如图 4-4b 所示。用同样的方法我们可以确定,由电流 i_A 和 i_B 所产生合成磁场的方向将比 t_1 瞬间按顺时针方向旋转了 $\frac{\pi}{3}$ 电气角度。

同样的道理,如继续分析 t_3 和 t_4 瞬时的情况,就可以得到由图 4-4c 和图 4-4d 所显示出的合成磁场方向。在 t_3 瞬时($\omega t=\frac{2\pi}{3}$),这时磁场方向比 t_2 瞬时又顺时针方向转了 $\frac{\pi}{3}$ 。比较图 4-4 中的 a、b、c 和 d 可以看出,当三相对称电流的相位每变化一个 $\frac{\pi}{3}$ 电气角度时,由它们产生的合成磁场方向在电动机定子铁芯空间就旋转了 $\frac{\pi}{3}$;

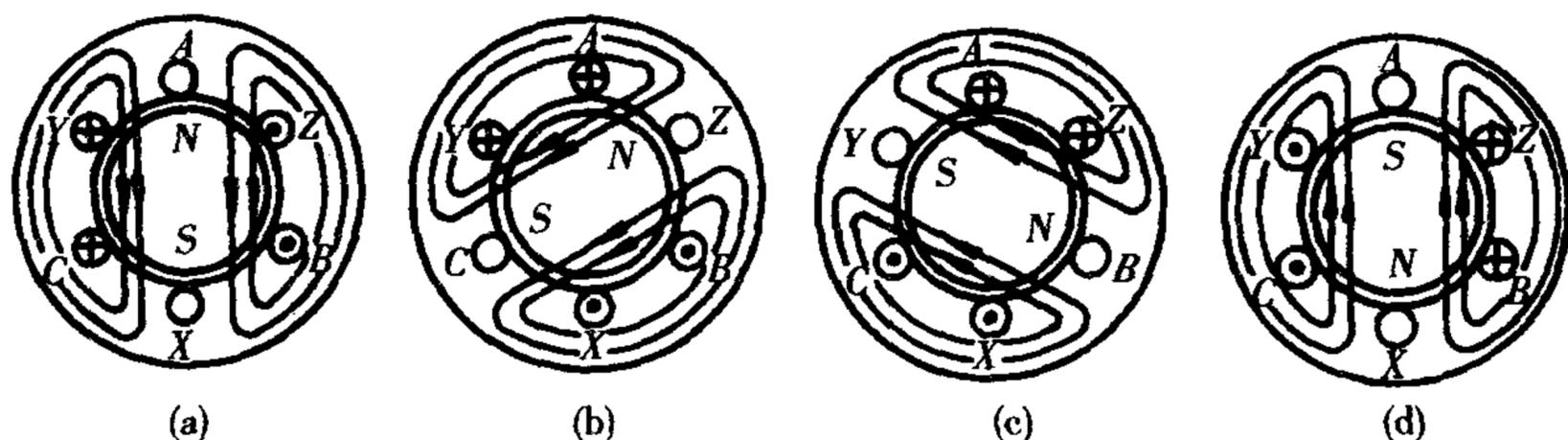


图 4-4 三相对称电流产生的两极旋转磁场

a. t_1 瞬间 b. t_2 瞬间 c. t_3 瞬间 d. t_4 瞬间

当三相对称电流的相位变化了 $\frac{2\pi}{3}$ 时,其合成磁场的方向就沿定子铁芯空间旋转 $\frac{2\pi}{3}$;而当三相对称电流在相位上变化了 π 时,其合成磁场在定子铁芯空间也转过 π 。所以,当三相对称电流完成一个周期的变化时,由它们所产生的合成磁场在定子铁芯空间也就旋转了一周。显然,三相对称电流随着时间其相位在周而复始的变化,而由该电流所产生的合成磁场也就将不停地旋转了。

综上所述我们就可以知道,获得三相旋转磁场的必要条件是:

(1)有一套在电动机定子铁芯空间位置上互成 $\frac{2\pi}{3}$ 的三相对称绕组。

(2)将在时间上相位互成 $\frac{2\pi}{3}$ 电气角度的三相对称电流接入电动机的三相对称绕组中。

上面我们分析的是一个简单的 2 极磁场,当 ωt 变化 2π 电气角度也即变化一个周期时,旋转磁场在定子铁芯空间也正好旋转一周,即 2π 电气角度;如电流每秒钟变化 f 周,则定子旋转磁场每秒钟也在空间旋转 f 转。我国交流电工频的频率 $f=50\text{ Hz}$,所以 2 极三相异步电动机旋转磁场转速为

$$n_1 = f = 50(\text{Hz})$$

$$\text{或 } n_1 = 60f = 3000(\text{r/min})$$

如果电动机定子绕组由六组线圈组成(我们仍用单个线圈代表一组线圈,这样比较简单明了),每组线圈的始端(或末端)之间在定子圆周上按互成 $\frac{\pi}{3}$ 角度排列,如图4-5a所示。图中A1、B1、C1、A2、B2、C2六个始端互成 $\frac{\pi}{3}$ 电气角度;同样,X1、Y1、Z1、X2、Y2、Z2这六个末端也相成 $\frac{\pi}{3}$ 角度,这样线圈的空间位置就是对称的。接着将这六个线圈按图4-5b所示分接成三相绕组,每相绕组由两个线圈串联而成,即A相绕组由线圈A1—X1、A2—X2串联组成;B相绕组由线圈B1—Y1、B2—Y2串联组成;C相绕组由线圈C1—Z1、C2—Z2串联组成。然后再将三相绕组按星形接法接到三相电源上,这时在该三相绕组中流过的电流波形将如图4-6a所示。我们仍按上述分析方法,先画出不同瞬间由三相电流产生合成磁场的情况。

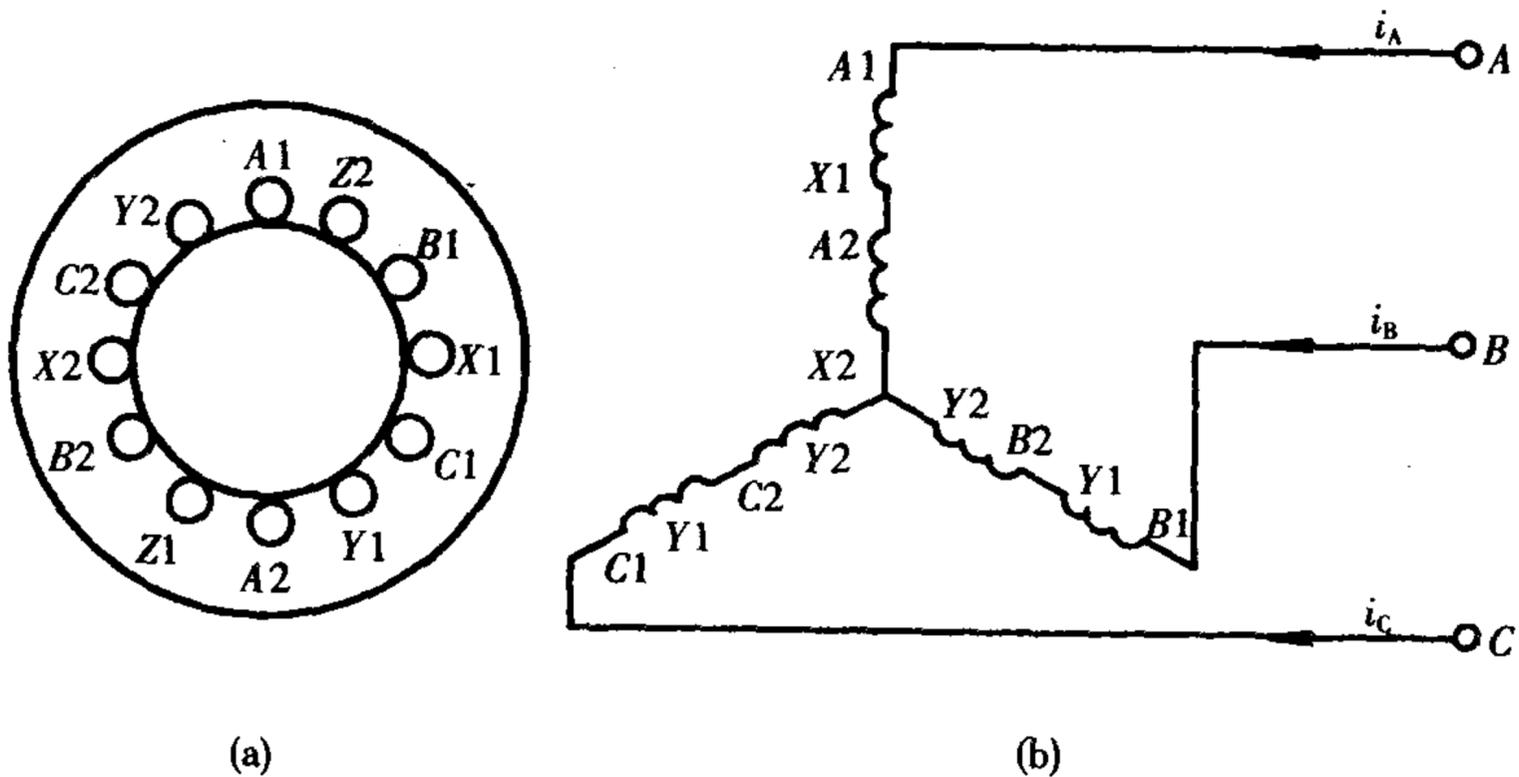


图4-5 产生4极旋转磁场的定子绕组

a. 绕组的空间排列 b. 绕组的组成

如图4-6b所示,从图中可以看出由三相电流产生的合成磁场具有两对磁极,即为一个4极磁场。从图中还可以看出当电流相位

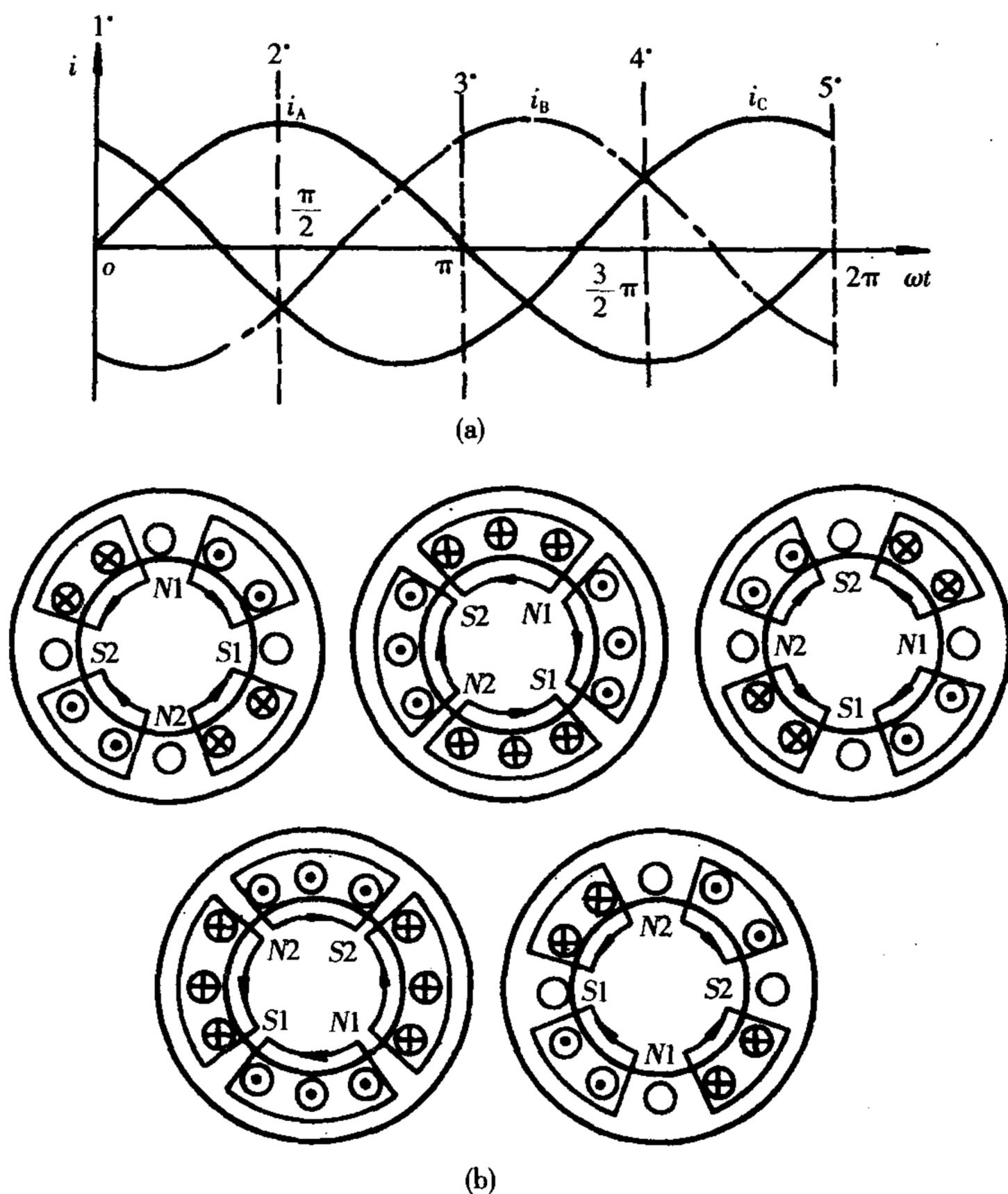


图 4-6 三相对称电流产生的 4 极旋转磁场

a. 三相对称电流波形图 b. 由 4 极定子绕组产生的四极旋转磁场

变化 $\frac{\pi}{2}$ 时, 磁极同时在空间转过 $\frac{\pi}{4}$; 电流相位变化 π 时, 磁极在空间转过 $\frac{\pi}{2}$; 而当电流相位变化 2π 时, 磁极在定子铁芯空间却只转过了 π 。由此可知, 在电流的相位变化一周 2π 时, 旋转磁场在定子铁芯空间只转了半周 (π 机械角度)。与前面 2 极 (极对数 $p=1$) 旋转磁场

比较,4极($p=2$)旋转磁场的转速慢了一半,对于频率 $f=50\text{ Hz}$ 的电源,4极电动机旋转磁场的转速则为

$$n_1 = \frac{f}{2} = 25(\text{r/s})$$

$$\text{或 } n_1 = \frac{60f}{z} = 1500(\text{r/min})$$

因此,得知异步电动机每分钟同步转速 n_1 等于

$$n_1 = \frac{60f}{p}$$

只要适当设计和布置定子绕组,就可以得到各种极对数的旋转磁场,从而获得各种不同转速的三相异步电动机。

二、三相异步电动机的结构

三相异步电动机主要分为定子(固定部分)和转子(转动部分)两大基本部分。此外电动机还有外壳、端盖、转轴、轴承、风扇、风罩等部件,图4-7所示为鼠笼式三相异步电动机的构造,图4-8所示为绕线式三相异步电动机的构造。下面将简述三相异步电动机的结构。

1. 定子

定子是异步电动机的静止部分,它主要由定子铁芯、定子绕组和机座等部件组成。

(1) 定子铁芯

它用来产生三相异步电动机的旋转磁场,一般采用 $0.35\sim 0.5\text{ mm}$ 厚高导磁硅钢片冲制叠压而成。硅钢片的表面涂有绝缘漆以减少对电机有害的涡流损耗,内圆表面则冲有均匀分布着的槽,槽内嵌放布置有三相定子绕组,定子铁芯的槽型如图4-9所示分为半闭、半开口和开口等几种型式。

半闭口槽型一般用于中、小型低压电动机中,它的优点是电动机的效率和功率因数都比较高,但其绕组绝缘和嵌线都较为困难。

半开口槽型多用于大型低压电动机中,其特点是易于嵌放成型

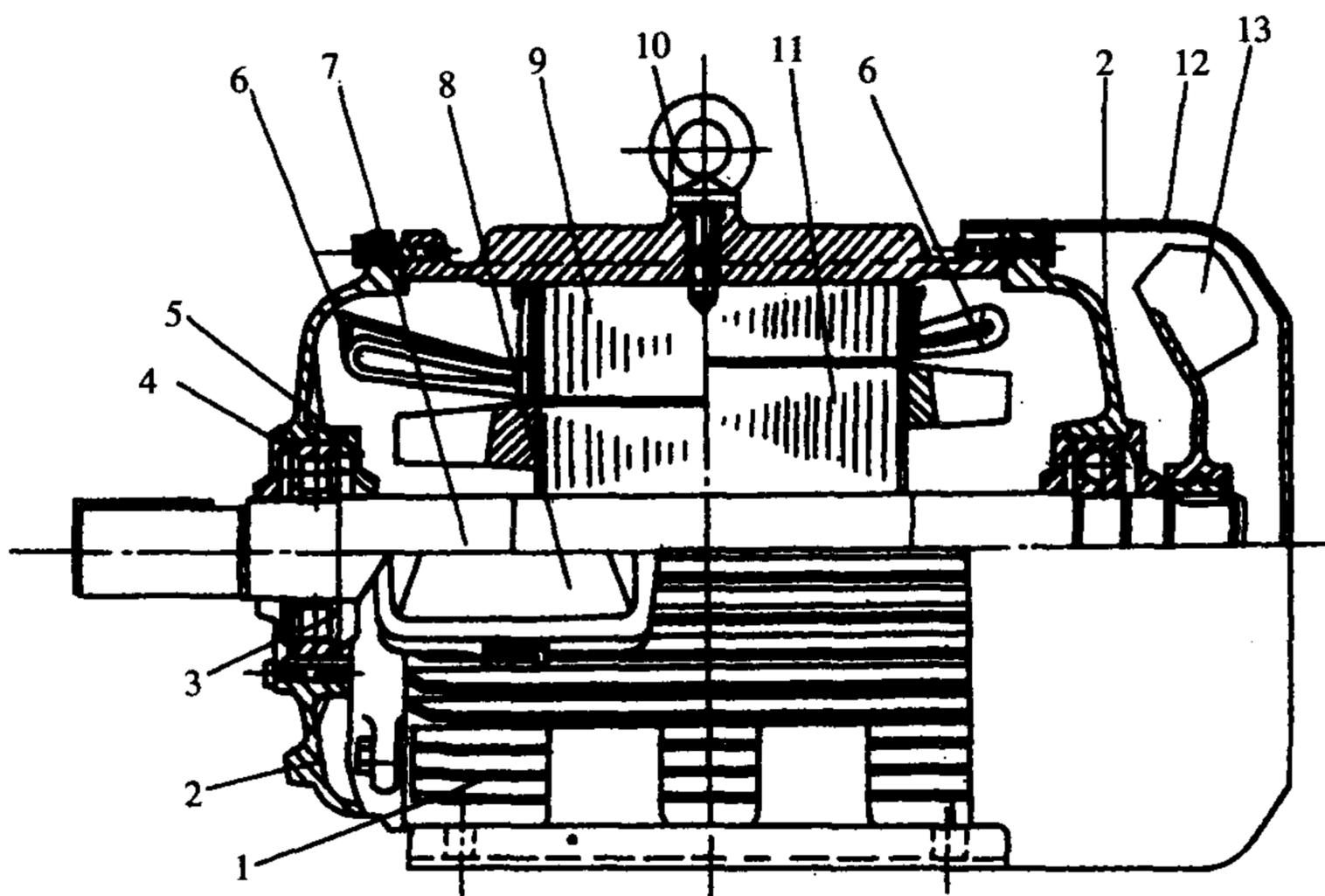


图 4-7 鼠笼式三相异步电动机的结构图

1—机座 2—端盖 3—轴承 4—轴承外盖 5—轴承内盖 6—定子绕组 7—转轴
8—接线盒 9—定子铁芯 10—吊环 11—转子铁芯 12—风扇罩 13—风扇绕组。

开口槽型主要用于高压电动机中,该种槽型利于嵌放成型绕组,由于成型绕组可以在事先经过绝缘处理后再嵌入槽内,因而绕组的绝缘处理,开口槽型比半闭口槽型要便利得多。

(2) 定子绕组

定子绕组的作用是在通入三相交流电流后产生一个旋转磁场。绕组一般采用高强度聚酯漆包铜线绕制成各种形式的线圈后嵌入定子槽。大功率三相异步电动机的绕组多用玻璃丝聚酯卷包扁铜线绕制成成型线圈,经过绝缘处理后再嵌放于定子槽中。

电动机匝数和导线截面积,都是根据每相额定电压和电流设计的。使用时,电动机的三相绕组可接成星形(Y)或三角形(Δ)接法去适应电源电压。

(3) 机座

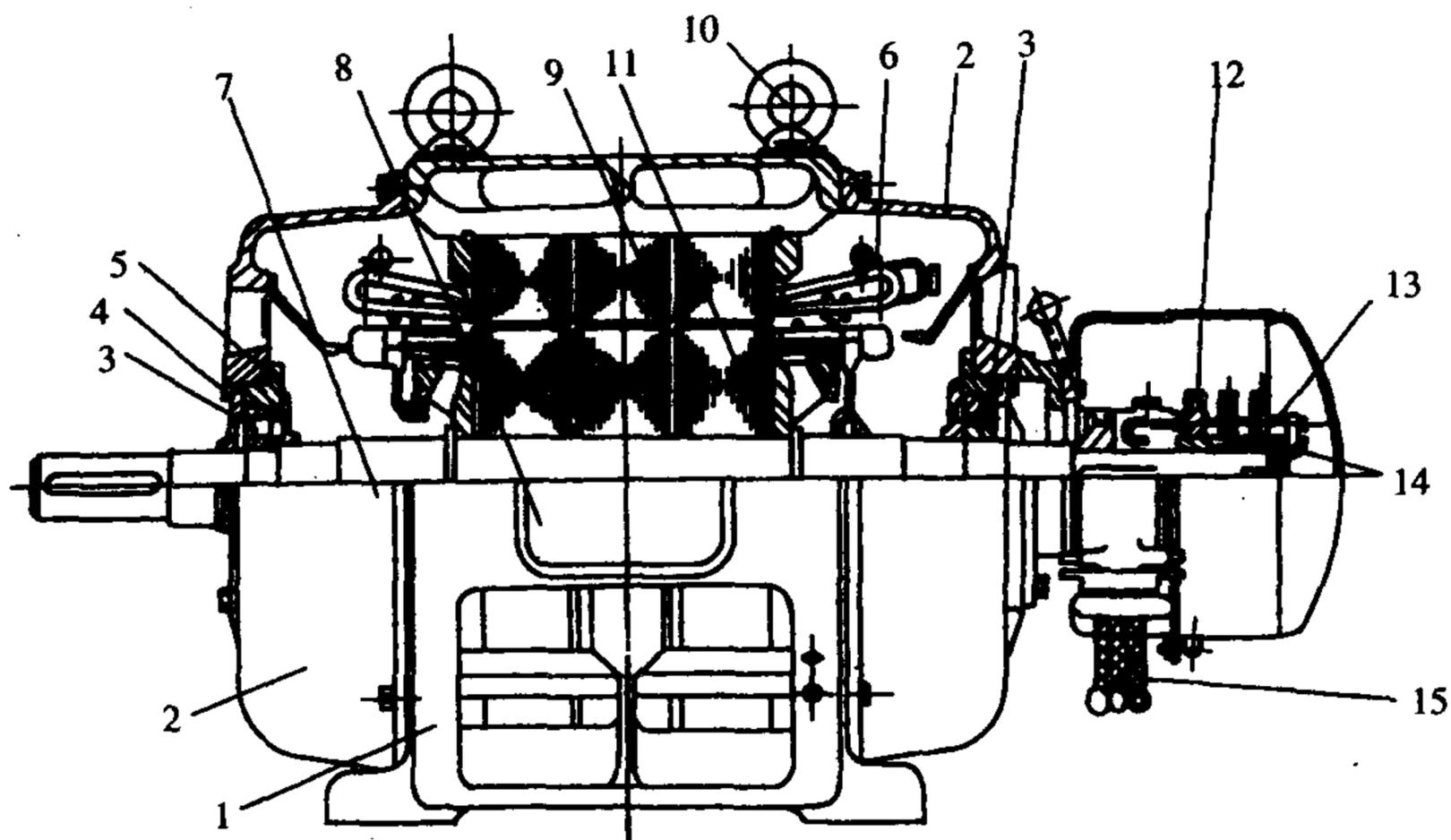


图 4-8 绕线式三相异步电动机的结构图

1—机座 2—端盖 3—轴承 4—轴承外盖 5—轴承内盖 6—定子绕组 7—转轴
 8—接线盒 9—定子铁芯 10—吊环 11—转子铁芯 12—电刷 13—电刷架
 14—集电环 15—引出电缆

机座是用来固定、支撑定子铁芯、定子绕组、端盖和转子的，同时它还起着保护电动机整体和发散电动机运行中所产生热量的作用。

机座多用铸铁、铸钢铸造或用钢板焊接而成。按照三相异步电动机的不同用途，分别设计为防护式、封闭式、隔爆式等多种型式的电动机，以适应各种不同工作环境的需要。

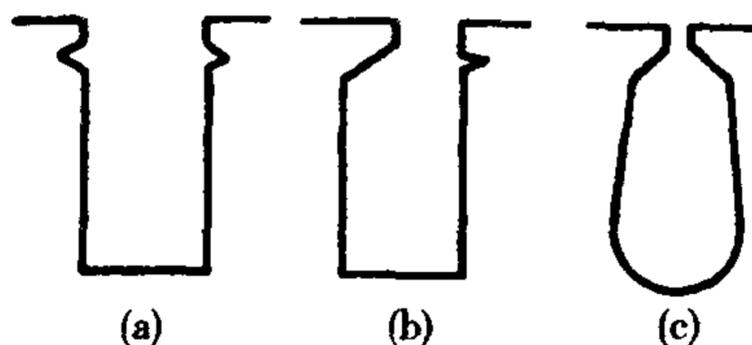


图 4-9 定子铁芯几种槽型示意图

a. 开口槽 b. 半开口槽 c. 半闭口槽

2. 转子

转子是三相异步电动机的旋转部分,它主要由转子铁芯、转子绕组、转轴和滑环等部件所组成。

(1) 转子铁芯

它是电动机磁路的一部分,一般都用 $0.35 \sim 0.5 \text{ mm}$ 厚的硅钢片经冲制、叠压而成,然后将其固定在转轴上。在转子铁芯表面冲有均匀分布着的槽,槽内则嵌置有转子绕组。为改善三相异步电动机的启动性能,鼠笼式电动机的转子铁芯,通常采用转子槽不与轴线平行,而是倾斜一个角度的斜槽结构。此外,也有使用双鼠笼和深槽鼠笼结构的,常用转子槽型如图 4-10 所示。

(2) 转子绕组

转子绕组的作用是切割定子旋转磁场的磁感线以产生感应电动势和电流,并在定子旋转磁场的作用下产生电磁转矩而使转子转动。根据结构型式不同,三相异步电动机转子绕组可分为鼠笼式转子绕组和绕线式转子绕组两种。

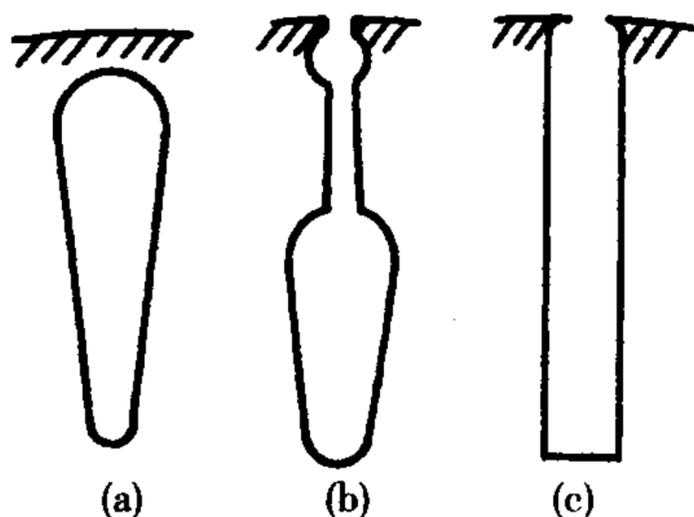


图 4-10 转子铁芯几种槽型示意图

a. 普通型 b. 双鼠笼型 c. 深槽型

大功率三相异步电动机的鼠笼式转子绕组是由安放在槽内的裸铜导体组成,这些导体的两端分别焊接在转子两端的两个端环上,因其形状与松鼠笼极为相似,故称为鼠笼式转子。在 100 kW 以下的中、小型三相异步电动机的转子绕组则如图 4-11 所示,它们转子铁芯槽内的导体、两个端环、平衡柱及内风叶等,都是采用高速离心铸

铝法一次浇铸而成的。绕线式转子绕组和三相异步电动机定子绕组的型式基本相同,它是一套具有和定子绕组相同极对数的三相对称绕组。其三相绕组的末端按星形接法连在一起,三根始端则接到三个铜质滑环上去与电路相连接。

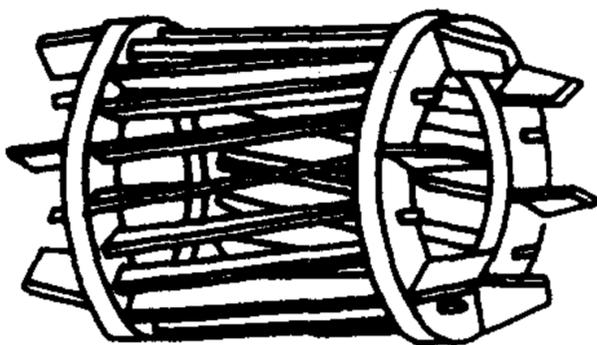


图 4-11 异步电动机鼠笼式转子绕组

(3) 转轴

转轴主要用来传递机械转矩和支撑整个转子的重量,它一般有钢或合金钢经过车、铣、钻、磨等机械加工而成。

(4) 滑环及电刷

滑环是绕线式异步电动机转子绕组与外电路的连接部件,滑环与转轴之间及三个滑环相互间都要可靠的绝缘。通过滑环和电刷使启动变阻器或热敏电阻器与转子绕组连接,某些具有提举电刷和短接滑环装置的绕线式三相异步电动机,可以在电动机启动后使转子绕组的始端短接,同时让电刷与滑环脱离以减少电刷和滑环的磨损和电动机运行时的摩擦损耗。滑环的种类很多,在中、小型三相异步电动机中,大多采用如图 4-12 所示的紧固式滑环。滑环的制造材料有黄铜、磷铜和低碳钢等,常用的电刷则有石墨、电化石墨和金属石墨等。

3. 端盖、轴承盖及其他

三相异步电动机的结构部件中还包括有端盖和轴承盖。

(1) 端盖

端盖是用来支撑转子的,它分别装在机座的两头,通过端盖止口与机座接合在一起,并用螺杆予以紧固。端盖一般用铸铁或铸钢

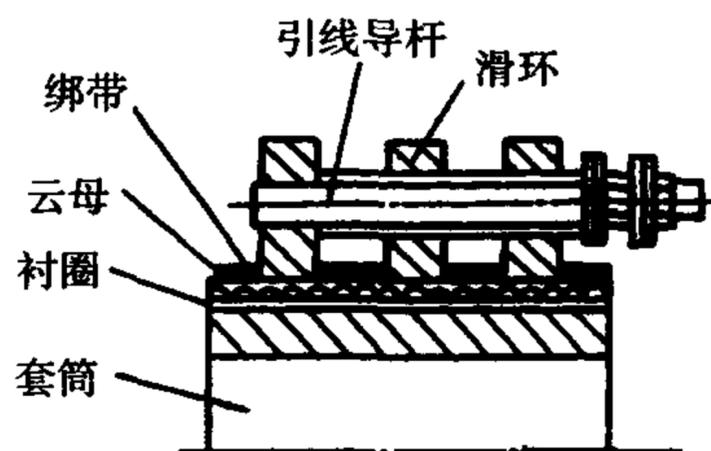


图 4-12 紧固式滑环的结构示意图

铸成。

(2) 轴承盖

轴承盖用于保护轴承并使轴承内的润滑脂不致向外溢出。

(3) 轴承

轴承被用来连接异步电动机的转动和静止这两部分,在中、小型异步电动机中均采用滚动轴承,以减小运转中的摩擦。

(4) 外风叶与外风罩

封闭式三相异步电动机为加大其散热能力,在电动机后端端盖外面的转轴上还装置有一个外风叶,用以将机座散热片传导出来的电机内部热量排放冷却。外风罩则用来保证外风叶安全顺利的运行。

三、三相异步电动机的类型和用途

三相异步电动机是各类电动机中应用最广、需求量最大的一种电机。为了适应各种机械设备的配套要求,因而三相异步电动机的系列、品种、规格繁多。如按转子绕组结构型式来划分,则一般可分为笼型和绕线型两类。此外三相异步电动机还可按防护型式、尺寸大小、安装条件、绝缘等级和工作定额等分类。派生系列和专用系列产品则一般是按工作环境、拖动特性和特殊性能要求分类。表 4-1 所示为三相异步电动机的基本分类表。

表 4-1 三相异步电动机的基本分类表

分类方式		类别		
转子绕组型式		笼型、绕线型		
防护型式		开启式(IP11)防护式(IP22、IP23)封闭式(IP44)		
电机尺寸	类型	大型	中型	小型
	中心高 H/mm	>630	355~630	80~315
	定子铁芯外径 D_1/mm	>1000	500~1000	120~500
通风冷却方式		自冷式、自扇冷式、他扇冷式、管道通风式		
安装结构型式		卧式、立式、带底脚、带凸缘		
工作方式		连续、断续、间歇		
绝缘等级		E级、B级、F级、H级		

表 4-2 所示为三相异步电动机的主要派生系列、专用系列表。

派生系列、专用系列三相异步电动机是在基本系列基础上发展起来的,它采用多样化的设计去适应和满足各种运行条件下对电机的特殊要求。例如具有不同机械和电气特性、适用于不同电源条件及在不同特殊环境下工作等。

表 4-2 三相异步电动机的主要派生、专用系列表

序号	产品类别	型号	主要用途
1	防爆电动机	YA、YB、YF	石油、化工、煤矿等有爆炸危险的场所
2	起重、冶金用三相异步电动机	YZ、YZR	冶金及一般起重设备
3	辊道用三相异步电动机	YG	轧钢机辊道传动

续 表

序号	产品类别	型号	主要用途
4	自制动三相异步电动机	YEP、YEG	有各种不同的制动方式,多用于单梁吊车和机床进给系统
5	力矩异步电动机	YLJ	恒张力、恒线速(卷绕)传动和恒转矩(导辊)传动
6	变级多速三相异步电动机	YD	机床、印染、印刷机械等需要变速的设备
7	电磁调速三相异步电动机	YCT	风机和需要恒转矩类型设备的无级调速
8	齿轮减速三相异步电动机	YCJ	轧钢、造纸、化工等需要低速、大转矩的各种机械设备
9	井用潜油三相异步电动机	YQY	与深井油泵配套,潜入油井中使用
10	深井泵用三相异步电动机	YLB	与长轴深井泵配套,从深井中抽水,用于工、农业生产
11	潜水用三相异步电动机	YQS、YQSY	分别与潜水泵或混流泵配套、潜入井下或浅水中,抽水供工、农业生产用
12	高转差率三相异步电动机	YH	用于惯性转矩较大并有冲击性负载机械的传动,如锻压机、压力机、剪床及小型起重机
13	屏蔽三相异步电动机	YP	用于化工、石油、原子能等部门,可不泄漏地传送不含有颗粒的剧毒、易燃、放射性、腐蚀性液体

四、三相异步电动机的铭牌数据

每台三相异步电动机的机壳上都配置有一块铭牌,该铭牌中标示的技术数据是电动机电气性能的基本体现。为了正确使用和维护好三相异步电动机,就必须了解和掌握铭牌内容。下面以一台三相

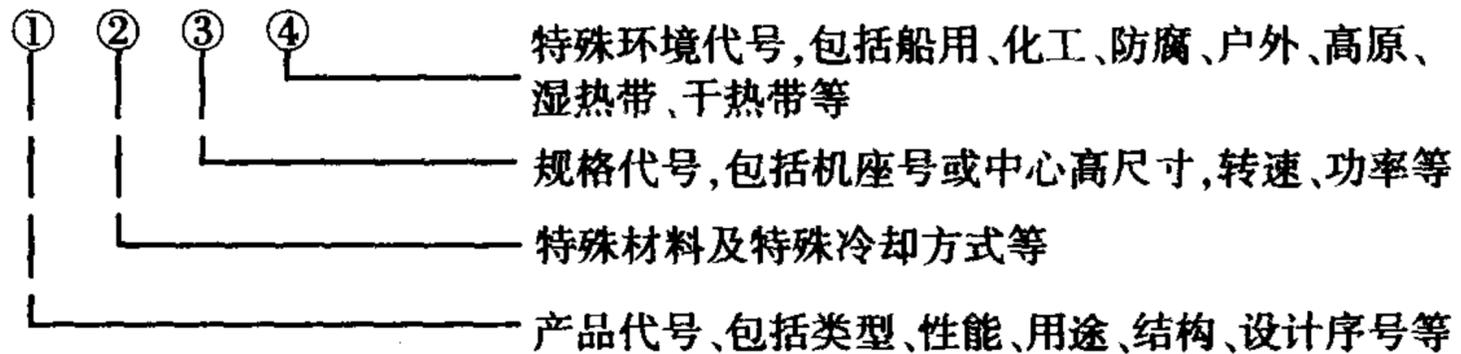
异步电动机的铭牌为例,来说明铭牌中各数据的含义,表 4-3 所示为三相异步电动机的铭牌。

表 4-3 三相异步电动机的铭牌数据

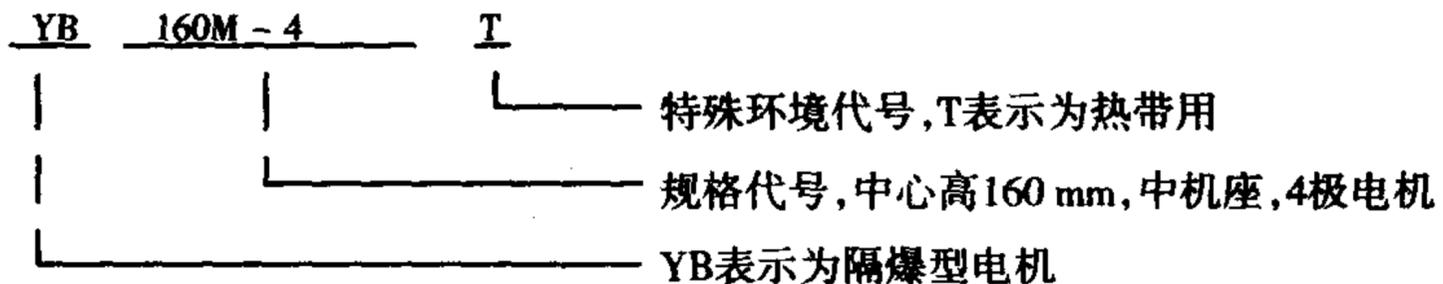
三相异步电动机		
型号 Y132M-4	功率 7.5 kW	频率 50 Hz
电压 380 V	电流 15 A	接法 Δ
功率因数 0.85	效率 87%	转速 1440 r/min
绝缘等级 E	温升 75°C	工作方式连续
出厂日期 ×年×月×日		×××电机厂

1. 型号

三相异步电动机的型号主要由产品代号、特征代号、规格代号及特殊环境代号组成。三相异步电动机产品型号的组成和排列顺序如下。



例如:



产品代号、特征代号分别如表 4-3、表 4-4 所示。

表 4-3 三相异步电动机的产品代号

名称	代号	名称	代号
交流“异”步	Y	“安”全	A
封“闭”型	O	“阀”门	F
“绕”线型	R	“管”道	G
防“爆”型	B	“水”泵	B
高“启”动转矩	Q	采“煤”机用	M
“多”速	D	装“岩”机用	I
“高”速	K	回“柱”绞车	Z
“双”鼠笼运“输”机	S	“通”风机	T
高“滑”差	H		

表 4-4 特征及特殊材料代号

名称	代号
“水”冷	S
“风”冷	F
“铝”线	L

2. 额定值

三相异步电动机铭牌上标示的功率、电压、电流、频率等数值均为额定值。电动机必须在这些规格的设计额定值内才能良好、可靠的长期运行。

3. 工作制

工作制又称为定额和工作方式,它是指电机按照规格的全部电量和机械量数值运行的时间方式。三相异步电动机一般分连续定额、短时定额和断续定额三种运行形式。

第二节 三相异步电动机的维修

一、三相异步电动机的日常维护

1. 新安装或长期停用的电动机投入运行前的检查工作

新安装或长期停用的电动机在投入运行前,应进行以下检查工作:

- (1) 清扫安装场地的垃圾、灰尘。
- (2) 检查并清除电动机内部的灰尘、杂物。
- (3) 查对电动机铭牌上的电压、频率和电源电压、频率等是否相符,接法是否正确。
- (4) 转动转轴,看是否有锈蚀或卡阻现象,要求转轴转动灵活。
- (5) 用兆欧表测量电动机绕组间和绕组对地(外壳)的绝缘电阻。对绕线型电动机,除检查定子绝缘外,还应检查转子绕组及滑环之间的绝缘电阻。不符合要求者,应进行干燥处理。
- (6) 检查并拧紧各紧固螺丝、地脚螺栓。
- (7) 检查绕线型电动机或直流电动机的滑环和换向器的接触面是否光洁,电刷接触是否良好,电刷压力是否适当(一般为 15~25 kPa)。
- (8) 检查轴承中的润滑脂是否良好,量是否适合。
- (9) 检查传动装置(齿轮、皮带)是否处于良好状态。
- (10) 检查电动机保护接地(接零)装置是否可靠,以及电动机机座与电源进线钢管的接地(接零)情况。
- (11) 检查电动机电源引线、保护装置(自动开关、闸刀、熔断器、热继电器等)的选用和整定是否正确。
- (12) 检查电流表、互感器、电压表以及指示灯等的情况。
- (13) 准备启动电动机时,事先应通知所有在场人员。启动后,应使其空转一段时间,并注意检查和观察其转向、转速、温升、振动、噪声、火花以及指示仪表等情况。如有不正常现象,应停机,消除故障

后再运行。

2. 电动机的日常检查与维护

日常要监视电动机启动、运行等情况,及时发现异常现象,防止事故的发生。这主要靠看、听、摸、嗅、问及监视电流表、电压表等方法进行。重点注意以下事项:

(1)观察电动机有无异常噪声、振动。尤其当听到发闷的沉重“嗡嗡”声时,很可能是跑单相,应立即切断电源进行处理,否则会烧坏电动机。

(2)通过观察电流表和电压表,能够发现电动机是否过载,三相电流是否平衡,电源电压是否正常等,以便及时发现问题并加以处理。

(3)用手触摸电动机外壳及轴承处,检查有无过热情况。如果手掌能长时间紧贴在发热体上,则可以断定温度在 60°C 以下。如果热得手掌不能触碰,用手指勉强可以停留 $1\sim 1.5\text{ s}$,则说明温度已超过 80°C ,继续运行电动机可能会烧坏。

(4)应经常检查并清扫电动机机壳上及进风口处的灰尘、杂物;检查电动机内部有没有遭受水侵蚀,传动皮带张力是否合适等。

(5)检查并及时加注润滑脂。根据使用条件的不同,应半年至两年进行一次解体保养,清洁内部,加注润滑脂,更换不良部件。

(6)对绕线型电动机及直流电动机,应着重检查电刷与滑环、换向器间的接触、电刷磨损及火花等情况。

3. 每月(周)的维护

每月(周)定期检查,主要是不分解电机的检查及清洁,内容包括:

(1)绝缘电阻的测量,当绝缘电阻较小时,要除去附加在绕组上的尘埃,必要时作干燥处理。

(2)各部分温度的测定。对于重要的电机,可利用温度计测定并记录各部分的温度,测定时要记录环境温度。以观察温升变化。

(3)振动的测定。对于大型或特别重要的电机,可用振动计测量

电机的振动情况。

4. 年(半年至两年)保养

根据使用条件的不同,半年至两年应进行一次解体保养,清洁内部,加润滑脂,修理不良处,更换部件。

作者在长期设备维护实践中总结出三相异步电动机的维护保养要点,见表4-5。

表4-5 三相异步电动机的维护保养

检查部位	检查内容	方法	标准	维护内容	维护周期
周围环境	环境温度	温度计	不超过规定温度	改善通风条件	日常
	有无水、油及腐蚀性液体进入电机内部	目察	不允许	防止进入电机内部	日常
	有无灰尘、污物堆积	目察	不允许	清除	日常
电源	电压	电压表	波动在额定值的±5%以内	检查电源	日常
	频率	频率表	波动在额定值的±5%以内	检查电源	日常
定子	电流	电流表	在额定值以下	热继电器整定正确	日常
	温升	酒精温度计、手感温法	在规定值以下		日常
	电机进、出风口是否畅通	目察、手感温法	保持畅通	清洁	日常
	绕组绝缘电阻	兆欧表	运行中为0.5 MΩ以上	干燥	每月(周)
	绕组绝缘老化、干裂,捆扎线松弛	目察	不应有	捆扎好并进行浸漆处理	半年至两年

二、三相异步电动机运行中常见故障及处理

三相异步电动机在运行中会发生各种各样的故障,常见的故障及处理方法见表 4-6。

表 4-6 三相异步电动机的常见故障及处理

故障现象	可能原因	处理方法
(1) 电源接通后不能启动	<ul style="list-style-type: none"> ① 电源无电压或断线; ② 定子或转子回路有断路或短路、接地、线头焊接不良等现象; ③ 负荷过重或有卡阻现象; ④ 定子绕组接线错误 	<ul style="list-style-type: none"> ① 检查电源和开关; ② 找出断路、短路和接地处并进行处理,检查线头焊接情况; ③ 此时电动机发出闷的响声,减轻负荷或消除导致卡阻的因素; ④ 此时电动机发出异常响声,核对定子绕组接线
(2) 电源接通后电动机尚未启动,熔丝即爆断或自动开关脱扣	<ul style="list-style-type: none"> ① 线路或绕组有接地或相间短路现象; ② 保险丝过小; ③ 定子绕组一相反接,或 Y 形接法错接成 Δ 形接法; ④ 过载保护装置无延时作用; ⑤ 滑环或启动电阻器在启动时短路,或转子内有短路处; ⑥ 过电流脱扣器的瞬时整定值太小; ⑦ 脱扣器某部件损坏 	<ul style="list-style-type: none"> ① 查出故障点并进行修理; ② 适当加粗; ③ 改正接线; ④ 加装延时设备; ⑤ 将手柄放到启动位置后通电,将短路处修好; ⑥ 调整瞬时整定值; ⑦ 更换脱扣器或损坏的部件
(3) 运行中声音不正常	<ul style="list-style-type: none"> ① 定子与转子之间有摩擦; ② 电动机两相运行; ③ 轴承损坏或严重缺油 	<ul style="list-style-type: none"> ① 用听音棒检查,停机解体检查轴承、风叶、铁芯片及转子轴等部位,并消除摩擦; ② 检查保险丝,用多用表或兆欧表检查绕组或接线头是否有断路现象; ③ 用听音棒检查,如轴承发热,更换轴承或加润滑油

故障现象	可能原因	处理方法
(4) 空载电流偏大(正常空载电流为额定电流的20%~50%)	① 电源电压过高; ② 将 Y 形接法错接成 Δ 形接法; ③ 修理时绕组内部接线有误,如将串联绕组并联; ④ 装配质量问题,轴承缺油或损坏,使电动机机械损耗增加; ⑤ 检修后定、转子铁芯不齐; ⑥ 修理时定子绕组线径取得偏小; ⑦ 修理时匝数不足或内部极性接错; ⑧ 绕组内部有短路、断线或接地故障; ⑨ 修理时铁芯与电动机不相配	① 若电源电压值超出电网额定值的 5%,可向供电部门反映,调节变压器分接开关; ② 改正接线; ③ 纠正内部绕组接线; ④ 拆开检查,重新装配,加润滑油或更换轴承; ⑤ 打开端盖检查,并予以调整; ⑥ 选用规定的线径重绕; ⑦ 按规定匝数重绕绕组,或核对绕组极性; ⑧ 查出故障点,处理故障处的绝缘。若无法恢复,则应更换绕组; ⑨ 更换成原来的铁芯
(5) 空载电流偏小(小于额定电流的20%)	① 将 Δ 形接法错接成 Y 形接法; ② 修理时定子绕组线径取得偏小; ③ 修理时绕组内部接线有误,如将并联绕组串联;	① 改正接线; ② 选用规定的线径重绕; ③ 纠正内部绕组接线;
(6) 电动机带负荷时转速低于额定值,电流表指针来回摆动	① 电源电压过低; ② 负荷过重; ③ 启动电压不合适或启动方法不适当; ④ 转子鼠笼条断裂; ⑤ 绕线型转子一相断路; ⑥ 转子回路启动电阻器一相断路; ⑦ 电刷与滑环接触不良	① 检查电源电压; ② 适当减轻负荷; ③ 改变启动电压或启动方法; ④ 焊接断条(对于铜条)或更换铸铝转子; ⑤ 用多用表或兆欧表检查,消除故障; ⑥ 修理启动电阻,排除断路故障; ⑦ 调整电刷压力,检查电刷与滑环接触情况

续 表

故障现象	可能原因	处理方法
(7) 三相电流不平衡	① 电源电压不平衡; ② 修理时将各相绕组首尾端或绕组中部分线圈接反; ③ 修理时各相绕组匝数不相同; ④ 绕组匝间短路或接地; ⑤ 多路并联绕组中个别支路断线	① 检查电源电压; ② 改正接线; ③ 重新绕制; ④ 查出短路接地点,并予以消除; ⑤ 查出断线处,重新焊接,并做好绝缘处理
(8) 电动机振动大(电动机允许振动值见表 4-7)	① 转子不平衡; ② 电动机和被带动机械中心未校好; ③ 机座螺钉松动; ④ 转轴弯曲; ⑤ 轴承磨损; ⑥ 定子铁芯装得不紧; ⑦ 风扇叶片损坏	① 校正平衡; ② 重新校中心; ③ 拧紧机座螺钉; ④ 校直或更换转轴; ⑤ 更换轴承; ⑥ 装紧定子铁芯; ⑦ 检查风叶并予以更换
(9) 电动机轴向窜动	对于使用滑动轴承的电动机,为装配不良	拆下检修,电动机轴向允许窜动量见表 4-8
(10) 电动机温升过高或冒烟	① 电源电压过高或过低; ② 三相电压严重不平衡; ③ 环境温度过高; ④ 通风系统阻塞; ⑤ 机械负载过重; ⑥ 轴承润滑不良或卡锁; ⑦ 正、反转过于频繁; ⑧ 定子、转子两相运行; ⑨ 绕组匝间或相间短路或接地; ⑩ 定子、转子摩擦; ⑪ 电动机接法错误	① 检查电源电压; ② 检查电源电压及开关等接触情况; ③ 改善通风条件,降低环境温度; ④ 吹灰清扫,清除杂物,对不可逆电动机,应核对旋转方向; ⑤ 减轻机械负载或换成较大容量的电动机; ⑥ 加润滑油或更换不良轴承; ⑦ 正确选择电动机或改变工艺; ⑧ 解体检修,消除断路故障; ⑨ 解体检修,消除故障点; ⑩ 测量定子、转子间隙,消除摩擦故障,检查装配质量及轴承情况; ⑪ 立即停机改接

续 表

故障现象	可能原因	处理方法
(11) Y- Δ 开关启动, Y 位置时正常, Δ 位置时电动机停转或三相电流不平衡	① 开关接错, 处于 Δ 位置时三相不通; ② 处于 Δ 位置时开关接触不良, 成 V 形连接	① 改正接线; ② 将接触不良的接头修好
(12) 电动机外壳带电	① 接地电阻不合格或保护接地线断路 ② 绕组绝缘损坏; ③ 接线盒绝缘损坏或灰尘太多; ④ 绕组受潮	① 测量接地电阻, 接地线必须良好, 接地应可靠; ② 修补绝缘, 再经浸漆烘干; ③ 更换或清扫接线盒; ④ 干燥处理
(13) 绝缘电阻只有数十千欧到数百欧, 但绕组良好	① 电动机受潮; ② 绕组等处有电刷粉末(绕线型电动机)、灰尘及油污侵入; ③ 绕组本身绝缘不良	① 干燥处理; ② 加强维护, 及时除去积存的粉尘及油污, 对较脏的电动机可用汽油冲洗, 待汽油挥发后, 进行浸漆及干燥处理, 使其恢复良好的绝缘状态; ③ 拆开检修, 加强绝缘, 并作浸漆及干燥处理, 无法修理时, 重绕绕组
(14) 电刷火花太大	① 电刷牌号或尺寸不符合规定要求; ② 滑环或整流子有污垢; ③ 电刷压力不当; ④ 电刷在刷握内有卡涩现象; ⑤ 滑环或整流子呈椭圆形或有沟槽	① 更换合适的电刷; ② 清洗滑环或整流子; ③ 调整各组电刷压力; ④ 打磨电刷, 使其在刷握内能自由上下移动; ⑤ 上车床车光、车圆
(15) 轴承发热	① 电动机搁置太久; ② 润滑脂过少或过多, 或质量不好; ③ 皮带过紧或耦合器装得不好	① 空载运转, 过热时停车, 冷却后再走, 反复走几次, 若仍不行, 拆开检修; ② 润滑脂应适量, 质量要好; ③ 调整皮带张力或改善耦合器装置

表 4-7 电动机允许振动值

转速/(r / min)	允许振动值/mm	
	一般电动机	防爆电动机
3 000	0.06	0.05
1 500	0.10	0.085
1 000	0.13	0.10
750 以上	0.16	0.12

表 4-8 电动机轴向允许窜动量

电动机容量/kW	轴向允许窜动量/mm	
	向一侧	向两侧
10 及以下	0.50	1.00
10~22	0.75	1.50
30~70	1.00	2.00
75~125	1.50	3.00
125 以上	2.00	4.00

注：向两侧的轴向窜动量，应根据转子磁场中心位置确定。

绕线型异步电动机通过滑环及电刷将转子绕组与外电路连接在一起。3 个滑环之间以及滑环与转轴之间均彼此绝缘。中、小型异步电动机的滑环如图 4-13 所示。滑环材料为青铜、黄铜、磷铜或低碳钢等。常用的电刷有石墨、电化石墨或金属石墨等。

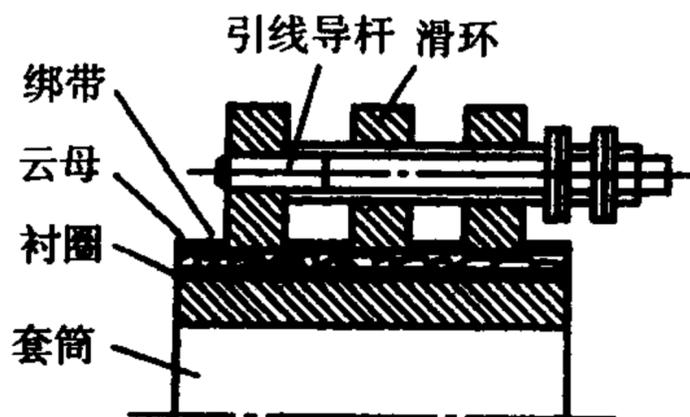


图 4-13 紧圈式滑环结构

绕线型异步电动机最容易出故障的部位就是滑环与电刷。现将滑环与电刷的常见故障及处理方法列于表 4-9。

表 4-9 绕线型异步电动机滑环、电刷的常见故障及处理方法

故障现象	可能原因	处理方法
(1)滑环表面轻微损伤,如有刷痕、斑点、细小凹痕	电刷与滑环接触轻度不均匀	调整电刷与集电环的接触面,使两者接触均匀;转动滑环,用油石或细锉轻轻研磨,直至平整,再用 0 号砂皮在滑环高速旋转的情况下进行抛光,直到滑环表面呈现金属光泽为止
(2)滑环表面严重损伤,如表面凹凸度、槽纹深度超过 1 mm,损伤面积超过滑环表面面积的 20%~30%	① 电刷型号不对,硬度太高,尺寸不合适,长期使用造成滑环损伤; ② 电刷中有金刚砂等硬质颗粒,使滑环表面出现粗细、长短不一的线状痕迹; ③ 火花太大,烧伤滑环表面	首先需检修滑环,拆下转子进行车修。注意尽量少旋去金属。滑环车修后,须进行抛光,并用压缩空气将金属粉末吹净 ① 更换成规定型号和尺寸的电刷; ② 使用质量合格的电刷; ③ 找出火花大的原因并排除
(3)滑环呈椭圆形(严重时烧毁滑环)	运行时产生机械振动所致 ① 电动机未安装稳固; ② 滑环的内套与电动机轴的配合间隙过大,运行时产生不规则的摆动	首先车修滑环,方法同上。 ① 紧固底脚螺钉; ② 检查并固定牢滑环在轴上的位置

续 表

故障现象	可能原因	处理方法
(4)电刷冒火	① 维护不力,滑环表面粗糙,造成恶性循环,加重火花; ② 电刷型号、尺寸不合适,或电刷因长期使用而磨损、过短; ③ 电刷在刷握内卡住; ④ 电刷研磨不良,接触面不平,与滑环接触不良; ⑤ 电刷压簧压力不均匀或压力不够; ⑥ 滑环不平或不圆; ⑦ 油污或杂物落入滑环与电刷之间,造成两者接触不良; ⑧ 空气中有腐蚀性介质存在	① 加强巡视、维护,发现问题时及时处理; ② 更换成规定型号和尺寸的电刷,更换过短的电刷; ③ 查出原因,使电刷能在刷握内上下自由移动,但也不能过松; ④ 用细砂布研磨接触面,并保证接触面不小于 80%,或换上新电刷(新电刷接触面也需打磨); ⑤ 调整压簧压力,弹性达不到要求时,更换压簧(压力应保证有 15~20 kPa); ⑥ 用砂布将滑环磨平,严重时需车圆; ⑦ 用干净的棉布蘸汽油将电刷和滑环擦拭干净,除去周围和轴承上的油污,并采取防污措施; ⑧ 改善使用环境,加强维护
(5)电刷或滑环间弧光短路	① 电刷上脱下来的导电粉末覆盖绝缘部分,或在电刷架与滑环之间的空间内飞扬,形成导电通路; ② 胶木垫圈或环氧树脂绝缘垫圈破裂; ③ 环境恶劣,有腐蚀性介质或导电粉尘	① 加强维护,及时用压缩空气或吸尘器除去积存的电刷粉末;可在电刷架旁加一隔离板(2 mm 厚的绝缘层压板),用一只平头螺钉将其固定在刷架上,把电刷与电刷架隔开; ② 更换滑环上各绝缘垫圈; ③ 改善环境条件

三、定子绕组故障的处理

1. 绕组接地

(1) 绕组接地故障现象及产生的原因

绕组接地是指绕组与铁芯或机壳间绝缘损坏而造成的通地现象。出现这种故障后,若保护接地不良的话,会使机壳带电。使绕组发热而造成短路等故障。

造成绕组接地的原因有:电动机受潮,维护不当;受有害及腐蚀性介质的腐蚀;因检修不慎而损坏绝缘;使用日久绝缘老化;雷击;经常过载;定、转子相擦;以及绕组制造或检修工艺不良等。

(2) 绕组接地故障的检查方法

绕组接地故障的检查方法如下:

①用验电笔测试 拆下接地线,用验电笔测机壳。如果氖管发亮,说明绕组接地或严重受潮;如果氖管微亮,说明是绝缘下降,电动机受潮。

②用兆欧表测试 根据电动机的电压等级选择相应等级的兆欧表。对于 500 V 以上的高压电动机,用 1000~2500 V 的兆欧表;对于 500 V 以下的低压电动机,使用 500 V 兆欧表。当测得的绝缘电阻在 0.5 M Ω 以下时,说明绝缘受潮或绝缘性能变差;若电阻为零,则说明绕组接地。

③用多用表检查 将多用表打在 $R \times 10 \text{ k}$ 挡,若测得电阻为零或很小,说明电动机绕组已击穿或严重受潮。

④用校验灯检查 在电源上串联一只 220 V 灯泡,将两线头分别接触电动机接线端子和机壳。如果灯泡发亮,说明绕组接地;如果灯泡微亮,说明绝缘接地击穿;如果灯泡不亮,但当线头接触到端子和机壳时出现火花,说明绕组尚未击穿,只是严重受潮。

⑤用自耦降压变压器通电检查 自耦降压变压器可用一台废弃的电动机启动,用补偿器内的自耦变压器改装而成(见图 4-14)。将改装后的自耦变压器接入 380 V 交流电时,可获得 76 V、152 V 和

228 V 的三种不同电压,以供检查时使用。检查时,打开三相绕组的首尾连接线,按图 4-15 所示方法将电源的一侧接在定子外壳上,另一侧分别接到三相绕组上。通电一定时间后切断电源,用手感温法查出发热的绕组部位,此部位即为接地点。

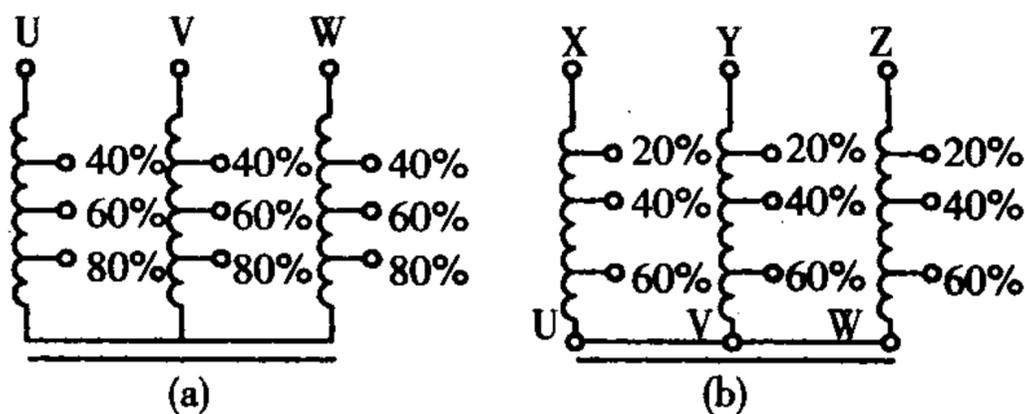


图 4-14 改装前后的自耦变压器

a. 改装前 b. 改装后

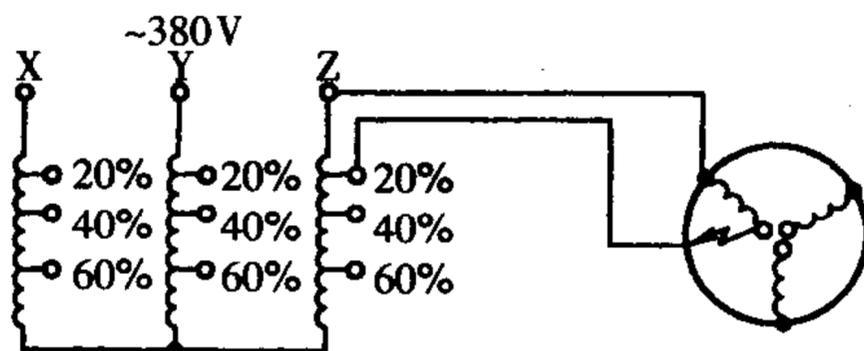


图 4-15 查找绕组接地点的示意图

⑥ 高压试验 试验电压一般为电动机额定电压的两倍加 1000 V,试验时间为 1 min。对于旧电动机,取电动机额定电压的两倍与 1000 V 之和的 0.75 倍。如果绕组接地,在接通试验电压后,线路中的熔断器或过流继电器会动作,切断电源。

⑦ 冒烟法(此法尤其适用于高压电动机) 检查定子绕组非金属性能接地可用此法。220 V 交流电通过一调压器加到绕组与地之间,通入电流后可以发现故障接地处冒白烟,甚至有火花。一旦出现这种现象,应立即切断电源。注意,对于小型电动机,通入电流应不超过额定电流的两倍,时间不超过 0.5 min;对于容量稍大的电动机,通入电流为额定电流的 20%~50%。

⑧ 开口变压器法(适用于高压电动机) 首先用兆欧表判断出故

障在哪个绕组,然后在故障相与铁芯之间加一单相交流电,如图4-16所示。这样,电流流入端至接地点之间的所有串联线圈中均有电流流过,而接地点以后的线圈中则无电流。使开口变压器(变压器输出端接一毫安表)在每个线槽上由上至下移动。当开口变压器在 x_1x_1 槽上下移动时,在故障接地点处毫安表指示消失。

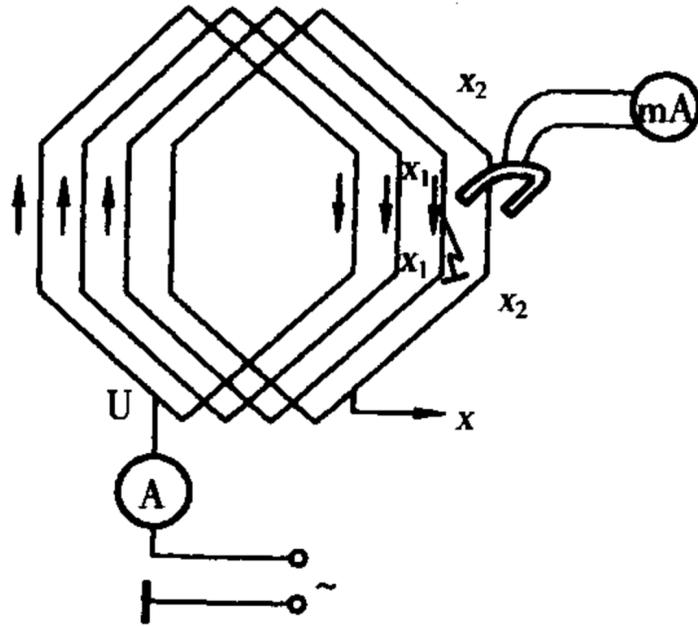


图 4-16 开口变压器法

(3)处理方法

绕组接地故障的处理方法如下:

①如果查出的是绕组受潮而不是接地故障,则可以通过干燥处理使之恢复绝缘水平。

②若为绕组接地,且接地点通常在定子槽附近,这时较易处理。只要在故障点塞入云母片、绝缘纸或竹片,将绕组与铁芯绝缘起来就可。如果上层边绝缘受损,可将槽楔取出,加热(约 80°C)使绝缘软化后,取出上层绕组,包扎绝缘带进行局部修理;如果是底槽绕组受损,则应取出一个节距的绕组,进行局部修理,这时需要注意,取绕组时切勿损伤匝间绝缘。另外,如果故障处的导线已烧伤或熔蚀,应该换接一段新导线,否则烧伤处易发热烧断。

③对于绕组无匝间短路的星形连接的单路绕组,当不能修理时,可以切除绕组中个别故障线圈。当然,这时电动机的出力会有所降低,使用时需注意。

④高压电动机局部修理方法如下：先将故障线圈加热，使绝缘软化后再把故障线圈从线槽中取出。把故障部位的绝缘削掉（注意不要损伤匝间绝缘），并检查匝间及周围的绝缘情况。然后，用0.13 mm厚的绸云母带填补，填补时应半叠包扎，每包一层，用气干绝缘漆涂刷一次。云母带包扎层数参见表4-10。

表4-10 定子线圈包扎云母带规定

电动机额定电压/kV	云母带厚度/mm	云母带层数	
		槽部	端部
2.0	0.13	4	3
3.0	0.13	5	4
6.0	0.13	9	8

云母带包扎完后，表面再包一层白纱带作为保护层，并涂以沥青气干绝缘漆，经干燥处理后做耐压试验，合格后再将线圈嵌入槽内。然后焊接端部接头，包扎好接头绝缘，再做耐压试验，合格后方可组装电动机。

如果接地点在槽口附近，除绝缘已老化外，均可作局部修理。如只有一根导线绝缘损坏而接地，可先将线圈加热，待绝缘软化后，用划线板撬开接地点的槽绝缘，插入硬云母片或0.5~1 mm厚的绝缘纸，涂以绝缘漆。修好后测量绝缘电阻，并做耐压试验。如果有两根导线均已损伤，除处理槽绝缘外，还应对匝间绝缘进行处理。在匝间插入云母片绝缘，大、中型电机应对匝间包扎云母绝缘带。如果导体有损伤情况，应先进行修补，再作绝缘处理。

另外，还可用环氧粉末熔敷修补，方法如下：首先用小刀削去碳化部分的绝缘并清理干净，然后将线圈加热到100℃左右，用由环氧树脂、石英粉末和乙二胺按100：50：8的重量比配成的绝缘粘结剂趁热滴入损坏处密封，在室温中固化。也可用环氧树脂和聚酰胺按3：1的重量比调匀，再在上述混合物中按4：（1~1.5）的重量比加入云母粉末，并调匀，分三次涂抹修补处，并补平削刮去的部分，然后

把固化成型的表面修整光滑。

如果接地点位于槽内,一般应更换绕组。

2. 绕组短路

(1)绕组短路故障是指绕组匝间或不同绕组之间的绝缘损坏而造成短路的现象。出现这种故障后,电动机会冒烟(短路匝数很少时,不冒烟),三相电流不平衡,电动机运行时噪声和振动加剧,严重时电动机不能启动。

造成绕组短路的原因有:电动机经常过载,电流过大;单相运行;电源电压变动过大;绕组机械损伤,以及制造或检修工艺不良等。

(2)绕组短路故障的检查方法

①外部检查 使电动机空载运行约 20 min,观察绕组有无冒烟现象(短路匝数很少时,不冒烟),然后,迅速拆卸电动机,手摸绕组探查出较热的绕组,同时观察绝缘物的变色处,找出故障点。

②用兆欧表测试 测量每两组之间的绝缘电阻,如果阻值很低,说明该两相间有短路现象。

③电流检查法 使电动机空载运行,测量三相电流。电流较大的一相绕组可能有短路故障。注意三相电源电压,如果三相电压不平衡,应采取调换两相电源的方法来校验。若电流不随电源调换而改变,则电流较大的一相绕组可能有短路故障。找出有短路故障的绕组后,再进一步找出故障点。

④电阻检查法 用电桥测量每相绕组的直流电阻,阻值较小的一相即可能有短路故障。但短路匝数很少时,很难测出。

⑤短路探测器检查法 短路探测器是一个在铁芯上绕有线圈的感应器,其底部呈曲面,以便和定子内周的弧形相吻合。使用时将探测器开口部分放在被检查的定子铁芯槽口上,在探测器线圈回路中串入一只电流表,然后,接到规定的交流电源上,如图 4-17 所示。这样探测器线圈成为变压器的初级,被测试线圈成为次级。如果该线圈良好,则没有什么反应;如果该线圈短路,即产生电流,使初级的电流增大。观察电流表读数的变化,便可查出短路的故障所在。另

外,也可以将一小段旧钢锯片放在被测线圈另一有效边所在的槽口处,如果该线圈短路,则钢锯片会被吸引而振动,发出“吱吱”声。

使用此方法时应注意以下几点:一是电动机为 Δ 形接法时,应将 Δ 形拆开口;二是绕组为多路并联时,应拆开并联支路;三是电动机为双层绕组时,因被测槽中有两个线圈,它们分别隔一个线圈节距跨于左右两边,所以要将探测器(或钢锯片)在左右两个槽口都试一下,以便确定哪个是短路线圈。

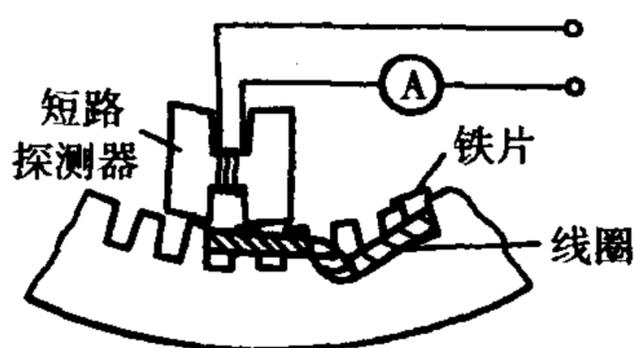


图 4-17 用短路探测器检查绕组短路示意图

(3)处理方法

绕组短路故障的处理方法如下:

①如果烧损不严重,可以用修补匝间绝缘的方法处理,即在损坏处包缠绝缘带、涂绝缘漆、垫绝缘物等;如果烧损严重,则应更换绕组。

②整个极相组短路时(通常由连接线处短路造成),可将绕组加热至 $60\sim 80^{\circ}\text{C}$,使绕组绝缘软化,然后,撬开引线处,将黄蜡管重新套到接近槽部,或用绝缘纸垫好。

③绕组间短路时,如果短路点在端部,可用绝缘纸垫好。

④绕组匝间短路时,往往电流很大,会将几匝导线烧成裸线。这时如果槽绝缘还未完全烧焦,可将短路的几匝导线在端部剪开,烘热绕组,用钳子将已坏的导线抽出;如果短路的匝数少于槽内总匝数的30%,则不必再穿补新导线,只需将原来的绕组接通即可。当然这样做会使电动机出力受影响。

⑤对于高压电动机,修理时先剥去对地绝缘,割去导线烧伤部

分,再将短路处的导线修光,将其两头锉成斜形(其斜面长度等于导线厚度的两倍),各线匝间接头必须互相错开。然后配好同样尺寸的导线,用银焊将其焊牢,并用电桥测量直流电阻以检验焊接质量。再按原有匝间绝缘厚度包扎匝间绝缘,涂绝缘漆,进行烘干。最后包好主绝缘,进行嵌线下槽等工作。

另外,还可以用环氧粉末熔敷修补,修补方法前面已介绍过。

3. 绕组断路

(1) 绕组断路故障现象及其产生的原因

如果是一相断路会造成电动机缺相运行,使另外两相电流猛增,如果没有及时发现、停机,则电动机很快会烧毁。

造成绕组断路的原因有:绕组接头焊接不良、虚焊,或使用有腐蚀性的焊剂,焊接后又未清除干净,接头受腐蚀而断开,绕组受机械应力而断开,短路和接地故障把导线烧断等。

(2) 绕组断路故障的检查方法

绕组断路故障的检查方法如下:

①用多用表测试 用多用表欧姆挡测定三相绕组的直流电阻,阻值大的一相即为故障相(高压电动机三相绕组的直流电阻相差不应超过平均值的2%),再对绕组分段进行检查(以极相组接头处分段),便可查出故障绕组。

②用兆欧表测试 测试方法同①。

③用自耦降压变压器通电检查 按前面介绍的绕组接地故障中的自耦降压变压器通电检查的方法,将定子绕组通电一段时间后,由于断路的绕组没有通电回路,所以只要找出没有明显温升的绕组,便可以区别出断路的绕组。用这种方法查找多路并联的断路线圈十分方便。

(3) 处理方法

绕组断路故障的处理方法如下:

①如果断路发生在引线或引线接头处(特别是铜鼻子根部易折断),则较易修理;如果高压电动机个别线圈断股发生在接头处,应用

银焊焊接好,或换备用线圈。

②如果断线发生在槽内,应先将绕组加热至 $60\sim 80^{\circ}\text{C}$,将故障线圈翻出槽外,放入一根截面相同的绝缘导线(高压电动机可换备用线圈),将接头引至槽口以外的端部连接,焊接好后再作绝缘处理。对于高压电动机,每包一层绝缘带应涂刷一次绝缘漆,最后包扎一层白纱带作为保护层,外部涂刷气干漆,烘干后还需进行耐压试验。

4. 绕组接线错误与嵌反

在新换绕组工作中,检修人员因粗心大意往往会将绕组出线接错或嵌反。这时电动机三相电流严重不平衡,噪声大,振动厉害,发热严重,转速降低,有时无法启动,若不及时停机,甚至还将烧毁电动机。

绕组接线错误与嵌反大致有以下几种情况:几只线圈嵌反或头尾接错;极相组接反;某相绕组接反;多路并联绕组支路接错;星形、三角形接法错误等。

绕组接错或嵌反的检查方法如下:

(1) 绕组头尾接错的检查

电动机 6 个引出线头的正确接线如图 4-18 所示。在检查错误接线时可对照检查。接线的检查方法很多,现介绍最常用的两种方法。

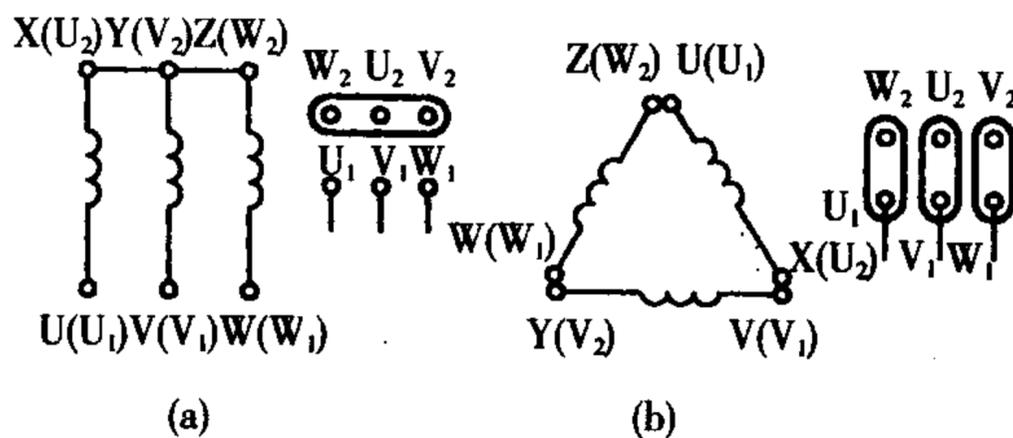


图 4-18 星形及三角形正确接线

a. 星形接线 b. 三角形接线

①用多用表检查 如图 4-19a 所示,先把 36 V 交流电通入其中一相,用多用表电压挡测出其余两相的电压,记下有无读数,然后

换接成图 4-19b 所示接法,再记下有无读数。最后根据下述情况判别:若两次均无读数,表示绕组头尾端正确;若两次都有读数,表示两次中没有接电源的那一相绕组头尾端反接;若两次中有一次有读数,而另一次无读数,表示无读数那一次,接电源的那一相绕组头尾端反接。

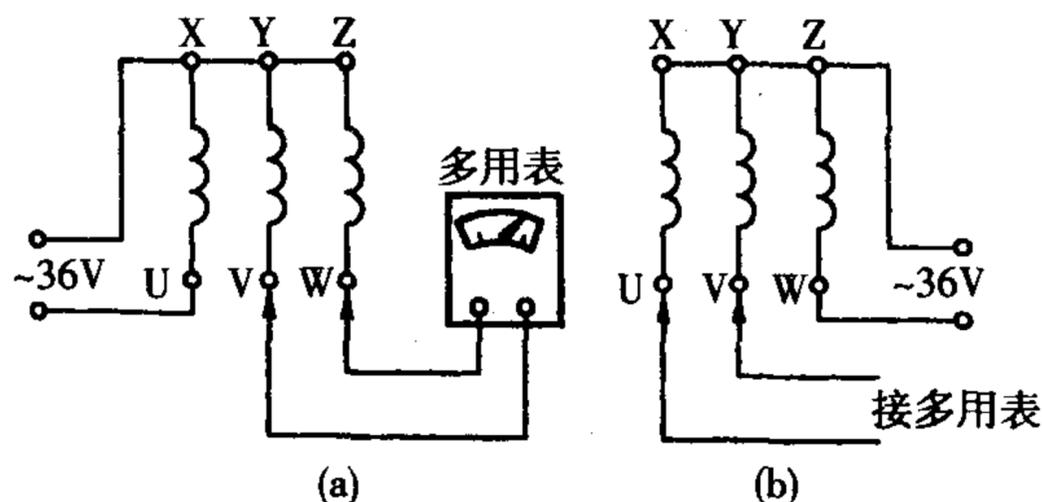


图 4-19 用多用表判别绕组头尾端示意图

②干电池检查法 如图 4-20a 所示,在合上开关 SA 的瞬间,电压表(毫伏表或多用表毫伏挡)指针应正向(即大于零的一边)摆动,否则应将两表笔调换,使指针正向摆动。这时,干电池的“+”极与表头的“-”极为同名端。同理,把表接到另一未测相绕组,如图 4-20b 所示。经过两次试验,便可找出三相绕组的头尾端。

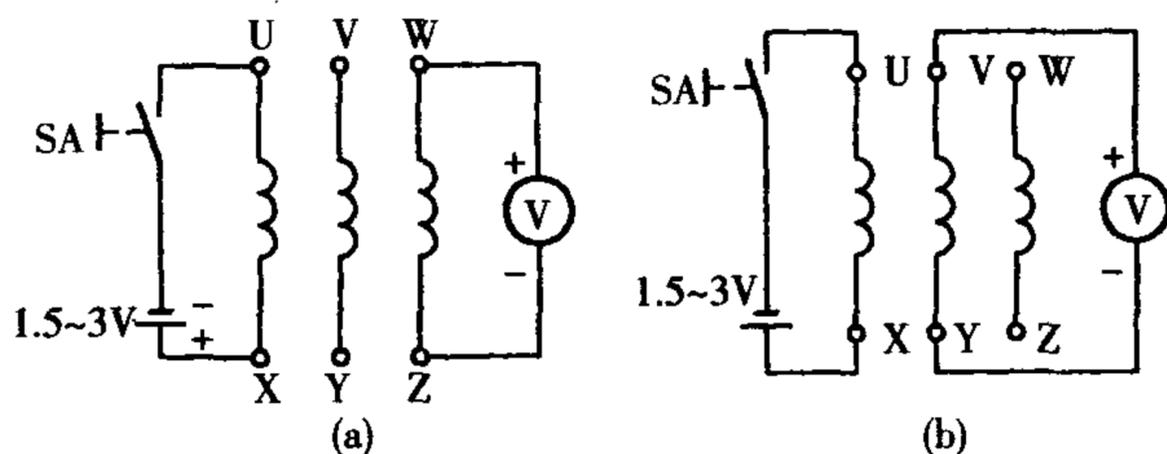


图 4-20 用干电池判别绕组头尾端示意图

(2) 其他接线错误及线圈嵌反的检查

①滚珠检查法 取出电动机转子,将一粒钢珠放在定子铁芯内圆面上,定子通入低压三相交流电,如滚珠沿定子内圆周表面旋转滚动,说明定子绕组接线正确;如滚珠不动,则说明绕组接线有误。用

此法只能判断是否接错,而不能确定故障点。

②指南针检查法 将 3~6 V 直流电通入绕组的一相,使指南针沿定子铁芯内圆周表面,向一个方向移动,逐槽检查,如图 4-21 所示。当指南针经过绕组各极相组时,如指针的方向有规则的交替变化,表示接线正确;如经过相邻的极相组时指针的指向不变,则表示极相组接错。如果一个极相组中个别线圈嵌反,则在这个极相组范围内指针的指向会交替变化,可把嵌反的线圈找出来,再把嵌反的线圈连接线或过桥线的线头反接过来即可。

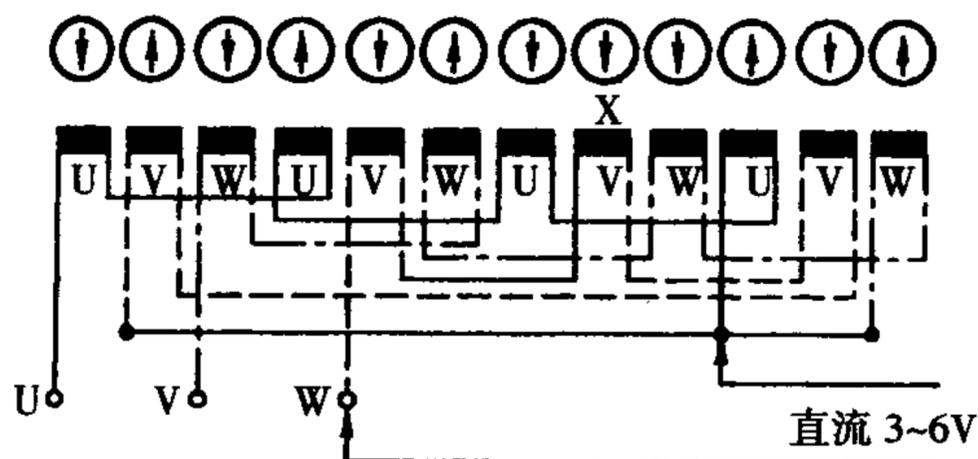


图 4-21 用指南针检查绕组接错示意图

四、转子故障的处理

1. 鼠笼型转子断条故障的处理

(1) 鼠笼型转子断条故障现象及其产生的原因

转子断条会使电动机启动困难,电动机运转时发出强烈的周期性电磁噪声和振动,三相电流表指针抖动,电动机带负荷能力降低,转速下降。

产生转子断条的原因有:制造质量差;电动机启动频繁;操作不当;频繁作正、反转运行等造成剧烈冲击而致使转子损坏。

(2) 转子断条的检查方法

转子断条的检查方法如下:

①外观检查法 在电动机运行时,若转子与定子的间隙处有火花出现,则说明转子有断条现象。也可以通过观察电流表指针有无

抖动、电动机转速和带负荷能力等加以判断,然后抽出转子,寻找断路点。

②电流检测法 用三相调压器对定子绕组施加低压电源进行检查(额定电压为 380 V 的电动机,可施加 100 V 左右的电压)。在一相中串入一只电流表,用手使转子慢慢转动,如果转子鼠笼条是完好的,则电流表只有均匀的微弱摆动;如果转子断条,则电流表就会出现指针突然下降的现象。

③用探测器检查 将电动机拆开,取出转子,用电磁感应法测定转子断条位置。如果鼠笼条是完好的,则毫伏表读数较小;如果转子断条,则读数将变大。检查方法如图 4-22 所示。

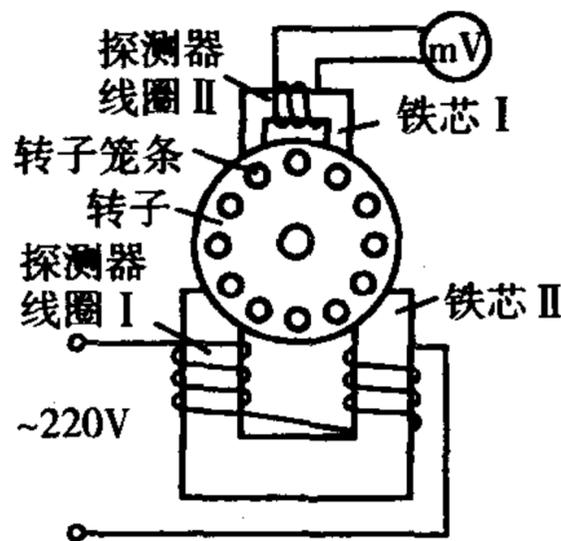


图 4-22 用探测器检查转子断条示意图

④用铁粉检查 在转子两端环上通入低压大电流,将铁粉撒在转子表面。由于电流通过鼠笼条产生磁场,将吸引铁粉。如发现某一根鼠笼条周围铁粉很少,则该处即为断条。

(3)处理方法

根据断条的不同情况,采取不同的修理方法。

①如果是铜条,并且断条发生在端部(槽内部分不易断裂),可在断裂处打成坡口,用银焊焊接。焊接前应用水浇湿的耐火石棉等物将铁芯保护好,以免高温烧伤铁芯。

②如果是铸铝转子,且断条较多不能使用,可将铝条熔化后再重新铸铝或换为紫铜条。熔铝前先车掉两端的铝端环,用夹具将铁芯

夹紧。熔铝的方法可以用工业烧碱(氢氧化钠)来腐蚀铝条,将转子浸入浓度为10%~30%的碱液中,然后将碱液加热到80~100℃。直至铝条熔化为止(一般需经7~8h),然后取出转子用水冲洗,并立即投入到浓度为0.25%的工业用冰醋酸溶液中煮沸,以中和残余碱液,再放入开水中煮沸1~2h,取出后用水冲洗再烘干。处理时注意碱液对人体健康的影响,要加强劳动保护。

也可用煤炉等将转子加热到700℃左右将铝条熔化,然后将槽内及铁芯内的残铝清除干净。

如果用铜条代替铝条,铜条截面积应占槽面积的70%左右(不要把槽塞满,否则会造成启动转矩小,而电流增大等情况),两端用短路环焊牢。对于小型转子,可将铜条伸出铁芯两端打弯,然后采用紫铜堆焊;对于大、中型电动机,应加铜短路环,环的截面积不应小于铝短路环的70%,铜条和短路环的焊接用银焊。

转子焊接好后,要做静平衡试验。对要求振动小、转速高或转子轴向较长的电动机,还要做动平衡试验。

2. 绕线型转子的故障及处理

绕线型转子绕组的结构、嵌线等都与定子绕组相同,所以故障检查的方法可参考定子绕组故障的检查方法。

(1) 钢丝部分修理

绕线型转子端部绕组均用钢丝绑扎(也有用无纬玻璃丝带绑扎的),通常容易发生导体绝缘破损、钢丝短路以及钢线散落、断裂、开焊、甩开等故障。

转子端部绑线的结构如图4-23所示。绑扎线与绕组之间填有绝缘材料,以免由于膨胀收缩或机械力作用而擦伤绕组绝缘。

转子绕组端部扎钢丝打箍工作,可以在车床上进行,也可以在简易木质机械上进行,如图4-24所示。

电动机转子绑扎用的钢丝的弹性极限应不低于160 kg/mm²(1569 MPa)。钢丝拉力按表4-11选择。拉力过大,易损伤绝缘;拉力过小,易使钢丝箍脱落。

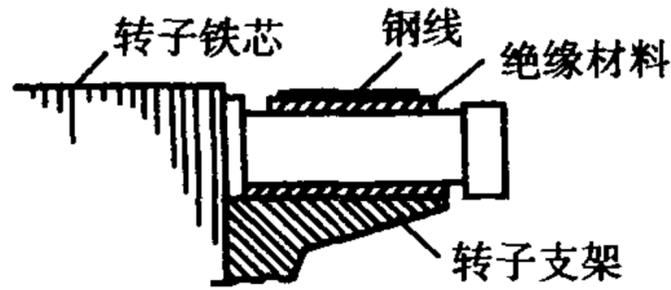


图 4-23 转子端部绑线的结构

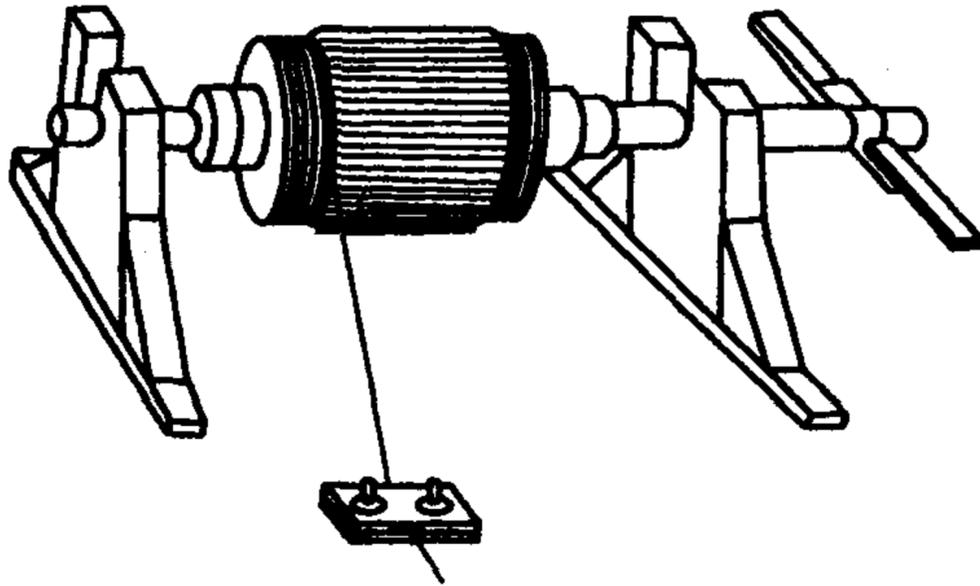


图 4-24 简易扎钢丝打箍示意图

表 4-11 扎钢丝预加的拉力

钢丝直径/mm	拉力/N	钢丝直径/mm	拉力/N
0.5	120~150	1.0	490~590
0.6	170~200	1.2	640~780
0.7	250~300	1.5	980~1200
0.8	300~340	1.8	1370~1570
0.9	390~440	2.0	1770~2000

选择钢丝时应尽量和原来的直径相同,匝数、宽度和排列布置也应尽量和原来的一样。

在扎钢丝前应先 在 绑 扎 部 位 包 扎 2~3 层 白 纱 带,再 卷 上 1~2 层 青 壳 纸 和 一 层 云 母。纸 板 宽 度 应 比 扎 线 宽 10~30 mm。为 了 使 钢 丝 扎 紧,在 钢 丝 下 面 每 隔 一 定 间 距 放 置 一 块 铜 片。当 该 段 钢 丝 扎 好 后,将 铜 片 两 端 弯 到 钢 丝 上,用 锡 焊 牢。钢 丝 的 首 端 和 尾 端 均 应 放 在 此 处,以 便 由 铜 片 卡 紧 焊 牢。

(2) 转子端部并接头铜套开焊的修理

先用兆欧表检查转子绕组对地和绕组对钢丝的绝缘电阻。如符合要求,只需重新焊接开焊的铜套或更换部分烧坏的铜套即可。为了使其接触良好,在铜套之间再敲入挂锡铜楔,以填塞上下层导体间的空隙。

(3) 滑环 4 部分的修理

当电源容量和使用条件允许的话,为了简化修理工作,可以把绕线型转子改为鼠笼型转子,即把绕线型转子绕组两端伸出铁芯外的端部切断,使绕组成为鼠笼条似的铜条,导线两端应伸出槽外 20 mm。然后把导线的伸出端朝一个方向敲弯,彼此重叠贴紧,再用铜条焊接成两端短路环,最后到车床上将短路环两端面车平,并校准转子的平衡。用此法修理,会使转子电流略微升高,启动转矩有所下降。最好是清除转子绕组,按前面介绍的方法换入新铜条。

五、定子、转子铁芯故障的处理

铁芯发生故障,会使涡流增大,铁芯局部过热,影响电动机正常运行。

1. 铁芯的常见故障

铁芯的常见故障有:因定子绕组短路或接地,弧光烧伤铁芯,使硅钢片间绝缘损坏而造成短路;紧固不良和电机振动造成铁芯松动;拆除旧绕组时因操作不当而损伤铁芯,大修时不慎被机械力损伤等。

2. 铁芯的修理

当因绕组短路或接地,弧光烧伤铁芯,但不严重时,可用以下方法修理:先把铁芯清理干净,除去灰尘和油污,将已烧伤熔化了的局部硅钢片用小锉锉掉,打磨平整,消除片与片熔化在一起的缺陷。再将定子铁芯靠近故障点附近的通风槽片取出,使修理时硅钢片有一定的松动余地,然后用钢片剥开故障点上的硅钢片,将被烧伤硅钢片上的碳化物清除干净,再涂以硅钢片绝缘漆,插入一层薄云母片,最后将通风槽片打入,保持铁芯紧固。

如果铁芯在槽的齿部烧伤,只要把熔化在一起的硅钢片锉掉即可。如果影响到绕组的牢固性,则可用环氧树脂修补烧缺部分的铁芯。

当铁芯齿端轴向朝外张开和两侧压圈不紧时,可在两块钢板制成的圆盘(其外径略小于定子绕组端部的内径)中心开孔,穿一根双头螺栓,将铁芯两端夹紧,然后紧固双头螺栓,使铁芯恢复原形。槽齿歪斜时可用尖嘴钳修正。

铁芯中间松动时,可在松动部位打入硬质绝缘材料,并涂以沥青漆(462号漆)。

六、轴承和转轴故障的处理

1. 轴承故障处理

一般电动机运行3~5年后,轴承就有可能受到损伤,所以在电动机解体大修时,都要对轴承进行认真检查和修理。

轴承损坏后,电动机在运行中会出现轴承过热现象,并发出异常噪声,严重时电动机不能运行。检查轴承内部的缺陷时,用手迅速推动外圈,视其旋转情况便可大致判断。如果是转动时平稳,无振动、摇摆或倒退现象,滚动声轻微,指触感觉润滑油腻,逐渐减速而自行停止,说明该轴承良好。如果转动时发出杂声并振动、摇摆,停止时像刹车一样很突然,甚至倒退反转,说明该轴承有缺陷,不能再用。

(1) 轴承损坏的原因分析

轴承损坏的现象及原因见表4-12

表4-12 轴承损坏常见原因

现象	损坏原因
轴承受热氧化变成蓝色	严重缺油,无散热能力。一般电动机运行3000~6000h后应补油一次;运行6000~10000h时应换油一次
轴承的内、外圈以及滚珠、夹持器等有裂口和剥皮	轴承与轴颈配合不当,强力套入

续 表

现象	损坏原因
滚道有凹状的珠痕,四周间隙不匀	①安装不正确,如用铁锤直接敲击轴承外圈; ②传动带或齿咬合太紧
轴承锈蚀,出现麻点	①有水汽或腐蚀性介质侵入轴承内部; ②使用不合格的润滑脂
轴承磨损,过早老化	①有灰尘、砂土、铁末子等杂物侵入轴承内; ②电动机使用不当,如长期超载运行; ③没有正常维护、保养和运行监视
轴承发热,电动机振动剧烈	电动机转子平衡未校准
轴承自身老化	一般当重负荷运行至 10 000 h,中负荷运行至 15 000 h,轻负荷运行至 20 000 h(均以电动机工作电流的大小为标准)时,要考虑更换轴承,以确保安全运行

(2) 修理方法

轴承损坏时可按以下方法进行修理:

①清洗轴承。

②清除锈斑。若轴承外表面有锈斑,可用 0 号砂布擦拭,然后用汽油清洗干净。滚珠或滚道上如有轻微锈斑,可不必管它;若锈蚀较严重,可将其浸在煤油中 1~2 h,然后用手沿正、反方向拨动轴承外圈多次,利用滚珠与滑道的相互摩擦除去锈斑,再在煤油中清洗干净,而后再用手拨动轴承外圈转动多次,直到把锈斑彻底清除干净为止。

③轴承内、外圈不平行时,应清洗止口,用对称同步方法将全部端盖螺栓旋入机座螺孔内并拧紧。

④当轴承内、外圈两端面不在同一平面上时,如果是外圈向外突出,可把轴承内盖止口车短;若是外圈向内突出,可把轴承内盖止口加长,也可采用 O 形垫圈加固。

⑤轴承圈间的轴向间隙的要求见表 4-13,超过允许值时,应更换新轴承。

⑥当轴承出现失圆、碎裂、严重磨损等不可修复的故障时,应更换新轴承。

表 4-13 异步电动机轴承圈间的轴向间隙

轴圈内径/mm	轴向间隙/mm		
	新滚动轴承	新滑动轴承	磨损最大允许值
20~30	0.01~0.02	0.03~0.05	0.1
35~50	0.01~0.02	0.05~0.07	0.2
55~80	0.01~0.02	0.06~0.08	0.2
85~120	0.02~0.03	0.08~0.10	0.3
130~150	0.02~0.04	0.10~0.12	0.3

2. 轴承的安装

轴承与轴颈的配合须紧密,为此可用以下方法安装:

(1)冷装法。这是一种常用的方法。将轴承套到轴上,取一段内径略大于轴颈、外径略小于轴承内套圈的钢管套入轴中,并顶在轴承的内套圈上,然后用铁锤敲打钢管的另一端,慢慢地将轴承敲入到位。敲打时不可用力过猛,着力点对正轴向,使轴承内圈受力均匀。

(2)热装法。用铁丝牵上轴承,将轴承浸入 80~100℃ 的变压器油或机油中加热,或在烘箱中加热。还可用大功率灯泡烘烤(这种方法加热时间较长,且加热不够均匀)。然后趁热将轴承套在轴颈上,待冷却后轴承便紧固在转轴上。

操作时须注意,热装前要将轴颈部分擦干净,趁热套入转轴至轴肩。若套不到位,应检查轴颈加工尺寸是否正确,以及轴颈处有无杂物、毛刺等,也可能是装配速度过慢而轴承已冷却所致。如果轴颈加工没有问题,可用套筒顶住轴承内套圈,用铁锤轻轻敲入。

3. 转轴故障及处理

电动机在长期运行中,由于机械力的作用,转轴本身材质的影响、解体大修及拆装轴承等,都有可能造成转轴弯曲、轴颈划伤、轴伸断裂以及磨损尺寸超过允许范围等故障。

转轴的修理可分为转轴弯曲的修理和转轴断裂的修理两类。

(1) 转轴弯曲的修理

当转轴弯曲程度不十分严重时,可用下列方法修理:将转子抽出,对转子的弯曲部分适当加热(注意温度不可过高,以免转轴退火影响其机械强度),然后用铁锤敲打校平直。此方法适用于低速电动机。如果将校直了的转子装入定子内腔后还有互相摩擦现象,则需拿到车床上进行校正。

对于容量较大的电动机,不能用上述方法处理,而只能在车床上车平校正。

(2) 转轴断裂的修理

对于中、小型电动机,可按下列方法修理。

方法一(更换整根转轴):将整根断轴从转子铁芯中取出,按断轴的实样测绘制图,并按转轴所需材料强度的要求备料(一般可选用普通碳素钢),经车床粗加工、热处理调质、车床二次加工后,将转轴压入转子铁芯中,再车削全部尺寸,然后再转磨床上进行轴承挡磨削加工,最后整机装配完成。该方法修理时间长,不利于生产要求。

方法二(拼接法):一般断裂位置常在转轴外伸部分前轴承位置处,用此法修理简单。先将断轴转子从定子内取出,测量出轴的全长以及外伸部分前轴承挡、轴承挡至转子铁芯的长度和直径,绘制一份供车削加工时用的草图。选取一根能满足车削加工所需尺寸的坯料(一般为45号碳素钢),最好选用经过热处理调质的钢材。

将断轴的转子装上车床,把断轴原轴承挡削平,然后进行加工,并把拼接圆钢压入断轴接孔内,如图4-25所示。再用电焊焊接拼接口,待电焊接口自然冷却后,将转轴送到车床上加工全部尺寸。如无磨床设备,只要车床能保证表面粗糙度在 $\frac{1}{6}$ 范围内就可

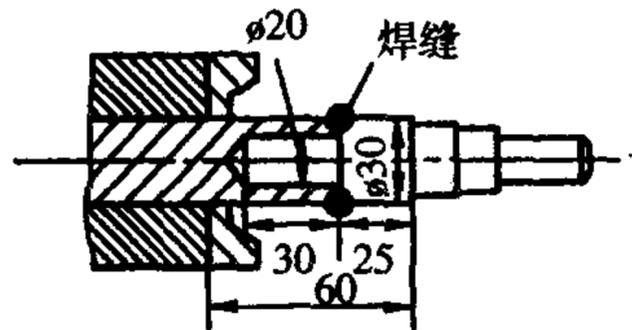


图4-25 1.5 kW 电动机转轴拼接示意图

以了。最后,移至铣床铣键槽。

七、电动机轴承的选择

1. 电动机常用滚动轴承

电动机常用滚动轴承的规格见表 4-14。

表 4-14 常用滚动轴承规格

轻型			尺寸/mm			轻型			尺寸/mm		
滚珠轴承		滚柱轴承	内径	外径	宽度	滚珠轴承		滚柱轴承	内径	外径	宽度
单列向心滚珠轴承	单列向心推力轴承	单列向心短圆柱				单列向心滚珠轴承	单列向心推力轴承	单列向心短圆柱			
200	6200	—	10	30	9	300	6300	—	10	35	11
201	6201	—	12	32	10	301	6301	—	12	37	12
202	6202	—	15	35	11	302	6302	—	15	42	13
203	6203	—	17	40	12	303	6303	—	17	47	14
204	6204	2204	20	47	14	304	6304	—	20	52	15
205	6205	2205	25	52	15	305	6305	2305	25	62	17
206	6206	2206	30	62	16	306	6306	2306	30	72	19
207	6207	2207	35	72	17	307	6307	2307	35	80	21
208	6208	2208	40	80	18	308	6308	2308	40	90	23
209	6209	2209	45	85	19	309	6309	2309	45	100	25
210	6210	2210	50	90	20	310	6310	2310	50	110	27
211	6211	2211	55	100	21	311	6311	2311	55	120	29
212	6212	2212	60	110	22	312	6312	2312	60	130	31
213	6213	2213	65	120	23	313	6313	2313	65	140	33
214	6214	2214	70	125	24	314	6314	2314	70	150	35
215	6215	2215	75	130	25	315	6315	2315	75	160	37
216	6216	2216	80	140	26	316	6316	2316	80	170	39
217	6217	2217	85	150	28	317	6317	2317	85	180	41
218	6218	2218	90	160	30	318	6318	2318	90	190	43
219	6219	2219	95	170	32	319	6319	2319	95	200	45
220	6220	2220	100	180	34	320	6320	2320	100	215	47

2. Y 系列(IP44、IP23)电动机轴承规格

Y 系列(IP44、IP23)电动机轴承规格见表 4-15 和表 4-16。

表 4-15 Y 系列(IP44)电动机轴承的规格

中心高 /mm	极数	轴承规格		轴承尺寸 内径(mm)×外径(mm) ×宽度(mm)
		主轴伸端	风扇端	
80	2、4	180204Z ₁	180204Z ₁	20×47×14
90	2、4、6	180205Z ₁	180205Z ₁	25×52×15
100	2、4、6	180206Z ₁	180206Z ₁	30×62×16
112	2、4、6	180206Z ₁	180206Z ₁	30×72×19
132	2、4、6、8	180208Z ₁	180208Z ₁	40×90×25
160	2	309Z ₁	309Z ₁	45×100×25
	4、6、8	2309Z ₁		
180	2	311Z ₁	311Z ₁	55×120×29
	4、6、8	2311Z ₁		
200	2	312Z ₁	312Z ₁	60×130×31
	4、6、8	2312Z ₁		
225	2	313Z ₁	313Z ₁	65×140×33
	4、6、8	2313Z ₁		
250	2	314Z ₁	314Z ₁	70×150×35
	4、6、8	2314Z ₁		
280	2	314Z ₁	317Z ₁	85×180×41
	4、6、8	2317Z ₁		
315	2	316Z ₁	316Z ₁	80×170×39
	4、6、8、10	2319Z ₁	319Z ₁	95×200×45

注:Z₁ 表示电动机专用轴承。

表 4-16 Y 系列(IP23)电动机轴承规格

机座号	极数	轴承规格		轴承尺寸 内径(mm)×外径(mm) ×宽度(mm)
		主轴伸端	非轴伸端	
160	2	211Z ₁	211Z ₁	55×100×21
	4、6、8	2311Z ₁	311Z ₁	55×120×29
180	2	212Z ₁	212Z ₁	60×110×22
	4、6、8	2312Z ₁	312Z ₁	60×130×31
200	2	213Z ₁	213Z ₁	65×120×33
	4、6、8	2313Z ₁	313Z ₁	65×140×33
225	2	214Z ₁	214Z ₁	70×125×24
	4、6、8	2314Z ₁	314Z ₁	70×150×35
250	2	314Z ₁	314Z ₁	70×150×35
	4、6、8	2317Z ₁	317Z ₁	85×180×41
280	2	314Z ₁	314Z ₁	70×150×35
	4、6、8	2318Z ₁	318Z ₁	90×190×43
315	2	316Z ₁	316Z ₁	80×170×39
	4、6、8、10	2319Z ₁	319Z ₁	95×200×45

八、微型电动机轴承的清洗

轴承拆封后,先要除去防锈剂,然后按下法清洗:

(1)对于用防锈油封存的轴承,可用航空汽油或洗涤用轻质汽油清洗;

(2)对于用防锈脂防锈的轴承,应先用轻质矿物油(如 10 号机油、变压器油)加热溶解(油温不宜超过 100℃),将轴承浸入油内,轻轻摇动,待防锈油脂溶解后再取出,冷却后再用汽油清洗干净;

(3)对于用气相剂或其他水溶性防锈材料防锈的轴承,可用皂类或其他清洗剂水溶液清洗。表 4-17 给出了常用清洗液配方,这种清洗液可以清洗多种防锈剂涂封的轴承,在 75~80℃ 的温度下,清洗 1 min 即可。

表 4-17 轴承清洗液配方示例

原料名称	成分(重量比)(%)
664	0.5
平平加	0.3
三乙醇胺	1
油酸	0.5
亚硝酸钠	0.3
水	97.4

清洗干净的轴承应放在洁净的容器内,不得用裸手接触,以免手上的汗水使轴承生锈。烘干后立即涂以润滑脂。润滑脂的种类需根据使用条件选择。

九、绕线型电动机滑环内套与电动机轴配合间隙过大的处理

若滑环内套与电动机轴配合间隙过大,运行时固定刷架的螺杆会振动得很厉害,滑环容易烧毁。按照规定,转速在 1 000 r/ min 以下的滑环,径向振动不应超过 0.1 mm;高于 1 000 r/ min 时,不应超过 0.05 mm。滑环在轴向的振动不应大于滑环宽度的 3%,在特殊情况下不应大于 5%。

修理方法:先卸下滑环,用砂布将电动机轴打磨干净,用汽油洗净油污,然后用环氧树脂与铁粉拌均匀的胶液涂在轴的表面,晾干后进行车削加工。把车床的刀架卸下安装在现场,把电动机转子引线短接,卸去联轴器螺栓,启动电动机,利用电动机的自转进行车削加工,把动配合间隙缩小到 0.1~0.15 mm。装上滑环,再进行现场外圆同心度加工,加工完毕后再用油石精磨滑环。然后装上研磨好的

电刷,空载运行半小时,使电刷与滑环接触良好。最后装上联轴器螺栓,带负荷运行,并观察刷架固定螺杆的振动情况。

第三节 三相交流电机绕组的重绕修理

三相交流电机的定转子绕组(不论是三相同步电机还是三相异步电机;也不论是三相交流发电机或是三相交流电动机)的工作原理、绕组结构、连接方法等都是基本相同的。不同的只是因其各自功用的不同所带来设计参数的不同。因此,三相交流电机定转子绕组的重绕修理也是相同的。

三相交流电机的定转子铁芯及其他机械部件均比较坚固,使用寿命也很长,电机的整个部件中只有其绕组部分较为脆弱。一台新电机若使用不当时,往往只需几十分钟甚至十几分钟就可能将绕组烧损;此外,电机因长期超载,温升过高至绕组绝缘严重老化;或绕组产生严重短路、断路、通地等故障,而用局部修理方法又无法修复时;以及电机因工作条件的变化而需要进行改压、改极、增容时,就必须拆除全部旧绕组而重换新绕组。重换新绕组的工作可按下列步骤进行:记录原始数据;绕组接法的识别;拆除旧绕组;线圈的绕制;绝缘的裁剪;绕组的嵌线;接线与焊接;绕组的试验和浸漆与烘干等。

一、记录原始数据

对已经确定进行重换绕组修理的电机,应尽可能详细、准确和完整地记录其原始数据。在拆除旧绕组的过程中,应将表 4-18 内的各项技术数据仔细查明并详细记载,以作为重换绕组前后电机性能核查和比较的重要依据。详实的原始数据还可以使修理过程中避免不必要的错误,它同时也是电机修理质量的可靠保证。现将一般应记数据简述如下。

表 4-18 三相异步电动机修理原始数据记录表

铭 牌 数 据				送 修 年 月 日			
型号		功率		转速		功率因数	
电压		电流		频率		效率	
绝缘等级		允许温升		接法		产品编号	
转子电压		转子电流		运行方式		质量	
产品编号		制造厂		制造日期			
定 子 数 据							
定子铁芯数据				定子绕组数据			
铁芯外径		铁芯内径		绕组型式		节距	
定转子气隙		铁芯长度		每极每相槽数		导线型号	
通风槽数		铁芯有效长度		导线线径		并绕根数	
槽数		槽形尺寸		匝数		并联支路数	
				接法		线圈端部伸出长度	
图形表示							

1. 铭牌数据

铭牌数据是指电机铭牌上所标记的数据,它简要的说明了电机的规格、型号和工作条件。一般包括有型号、功率、频率、转速、电压、电流、效率、功率因数、绝缘等级、允许温升、出厂编号及制造厂等。这些技术数据可供验算绕组时参考。

2. 铁芯数据

铁芯数据是指电机的定转子铁芯的内径、外径、长度、槽数、通风道等,以及如图 4-26 所示的槽形尺寸。定转子铁芯的这些技术数

据是电机绕组重绕、改绕的极其重要依据。

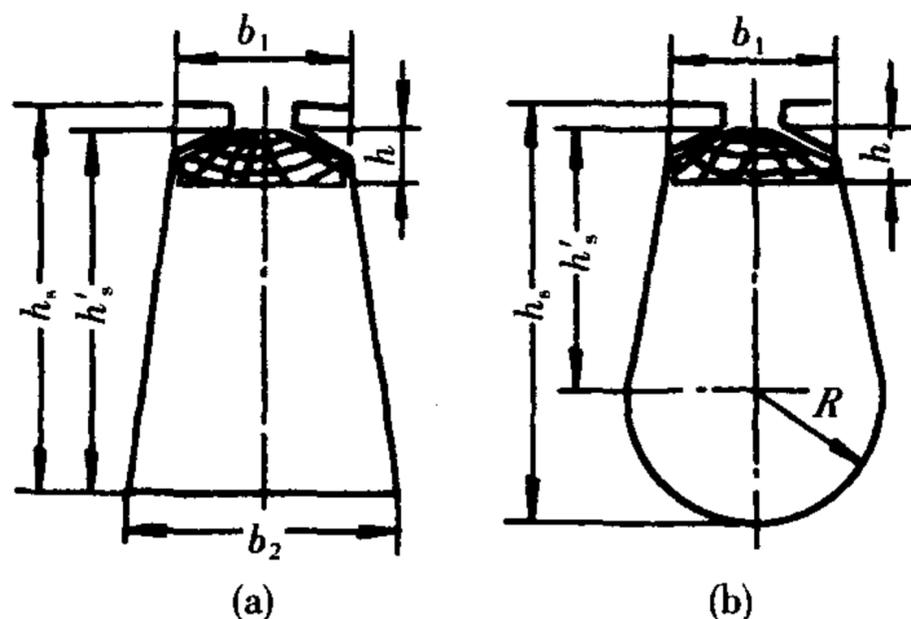


图 4-26 槽形尺寸

a. 梯形槽 b. 梨形槽

3. 绕组数据

绕组数据是指线圈的线径、并绕根数、匝数、节距、并联支路数、绕组接法、线圈铜重等。

4. 线圈尺寸

线圈尺寸是指线圈的端部和直线部分的长度尺寸，如图 4-27 所示为电机绕组伸出铁芯的长度尺寸，图 4-28 所示则为三相交流电机定子绕组，几种常用绕组型式的线圈各部分尺寸。

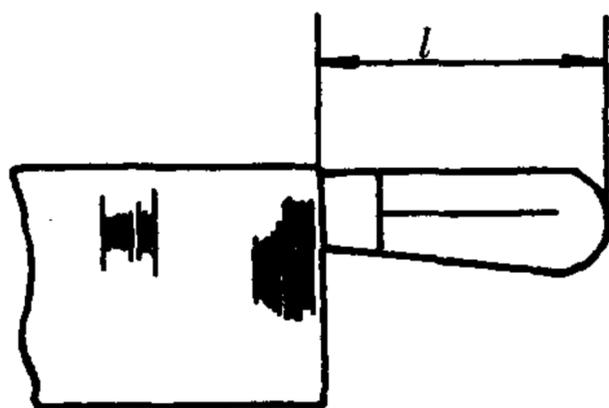


图 4-27 绕组端部伸出铁芯的长度

二、绕组接法的识别

在拆除旧绕组时，绕组的接法、并联支路数、绕组型式等，均应仔细认真的记录下来。绕组接法虽然可以在拆除旧绕组的过程中，按

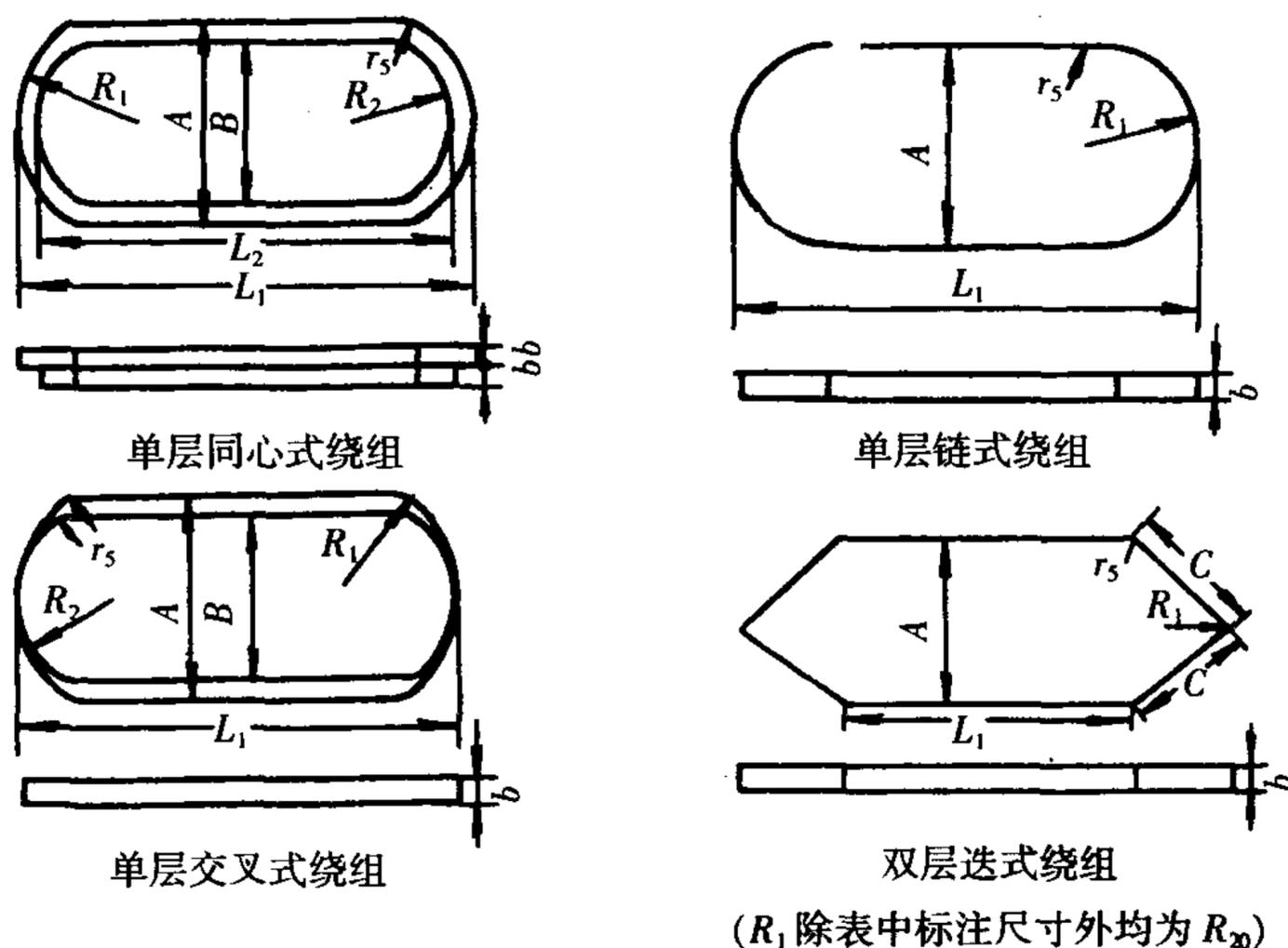


图 4-28 常用绕组型式的线圈各部分尺寸

照线圈、极相组间的实际连接逐一画下来,但这样做既麻烦又费时。如果我们根据各种绕组接法的不同特点进行分析比较,则也能迅速准确地识别出绕组的各种接法。这样,在重换新绕组后就只需按规定的这种接法连接。下面将简介三相交流电机常用接法的识别。

1. 显极接法与庶极接法识别

如图 4-29 所示为三相电机绕组显、庶极两种接法时的绕组示意图,从前面我们已知道电机采用显极接法时其绕组多为 $\frac{\pi}{3}$ 相带,它的一个极相组只产生一个磁极极性,例如一个 N 极或 S 极;庶极接法的绕组则多采用 $\frac{2\pi}{3}$ 相带绕组,此时一个极相组将会产生两个磁极极性,即同时产生一个 N 极和一个 S 极。因此,我们可以根据电机的极数与其极相组的关系,来识别电机绕组的显极接法和庶极接法。即:

显极接法时

$$\text{电机极相组数} = \text{极数 } 2p$$

庶极接法时

电机极相组数 = 极对数 p

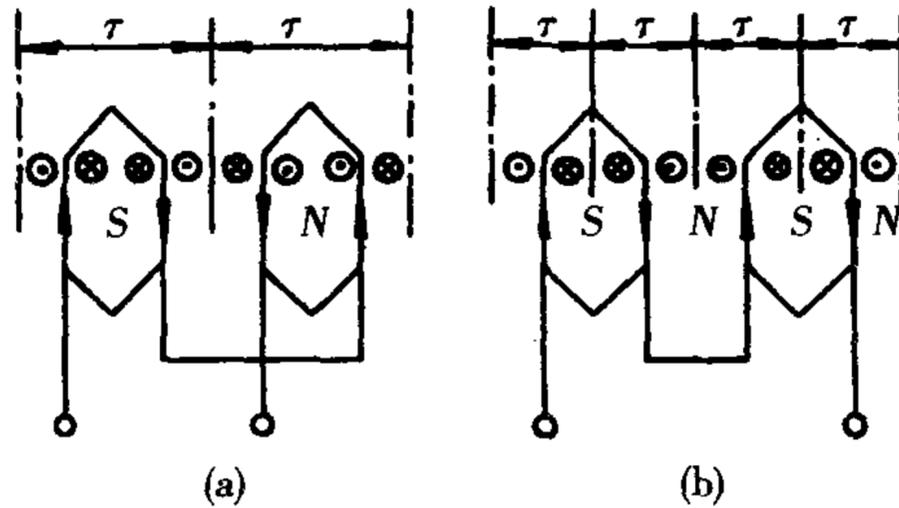


图 4-29 三相电机显、庶极接法绕组示意图

a. 显极接法 b. 庶极接法

2. 单路接法与多路接法的识别

进行绕组的单路与多路接法的识别时，则与电机的出线端数有关。通常三相交流电动机的出线端一般都为六根；三相交流发电机则多为四根出线端，除三根三相绕组出线端外，还另有一根零线端（中性线）。下面分述在几种引出线端根数情况下，单路与多路接法的识别。

(1) 有六根引出线端时，单、多路接法的识别

如图 4-30 所示，进行接法识别时可从电机的六根引出线端中，

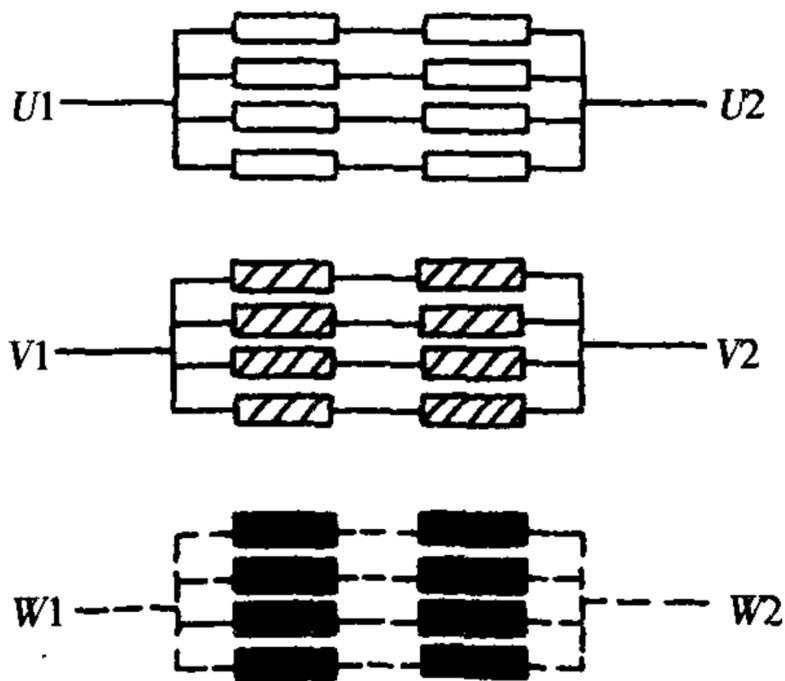


图 4-30

抽取任意一根来检查,仔细察看接至引出电缆线上有几股用绝缘套管分开的导线,这样用绝缘套管分开的导线有几股,就是几路并联接法。

(2)有四根引出线端时,单、多路接法的识别

因四根引出线端只用于三相交流发电机的绕组出线,为避免三相负载不平衡,在发电机绕组中产生内部环流而增加发热,故在三相交流发电机绕组中,只采用 Y 形接法而不采用 Δ 形接线。

进行带零线有四根出线端电机的单、多路接法的识别时,只需从三根相线引出线端中抽取任意一根来检查,仔细察看接至电缆线上有几股用绝缘套管分开的导线,此时有几股就是几路并联接法。

(3)有三根引出线端时,单、多路接法的识别

进行识别时仍从三根引出线端中任意抽出一根来检查,仔细察看引出电缆线上有几股用绝缘套管分开的导线,如果 1、3、5 等奇数时,则绕组为 Y 形接法。此时,有几股分开的导线即为几路并联接法。并且绕组内部还将有一个 3 倍于单根电缆线上分开股数导线的星形连接点。

若接到引出电缆线上几股用绝缘套管分开的导线,其股数是 2、4、6 等偶数时,就要继续在绕组内找一找,看是否有 3 倍于单根电缆线上股数的星形连接点。如果有则绕组为 Y 形接法,此时单根电缆线上用绝缘套管分开的股数,即为绕组的并联支路数;如果绕组内部没有星形点则绕组必为 Δ 形接法,此时将接到单根引出电缆线上用绝缘套管分开的导线股数除以 2,即为电机绕组的并联支路数。

3. 绕线转子绕组甲类波形接法的识别

从前面“转子波绕组的连接”中已经知道,绕线转子绕组甲类波形接法是将每相分接成两段,三相共分接成六段,然后再将每两段用段间跨接线连接成相绕组。因而甲类波形接法的转子绕组如图 4-31 所示,它具有跨接线和零线环,而且这些部件和引出线端都被布置在靠转轴滑环的这一侧。

4. 绕线转子绕组乙类波形接法的识别

如图 4-32 所示为绕线转子绕组乙类波形接法的识别。从图中

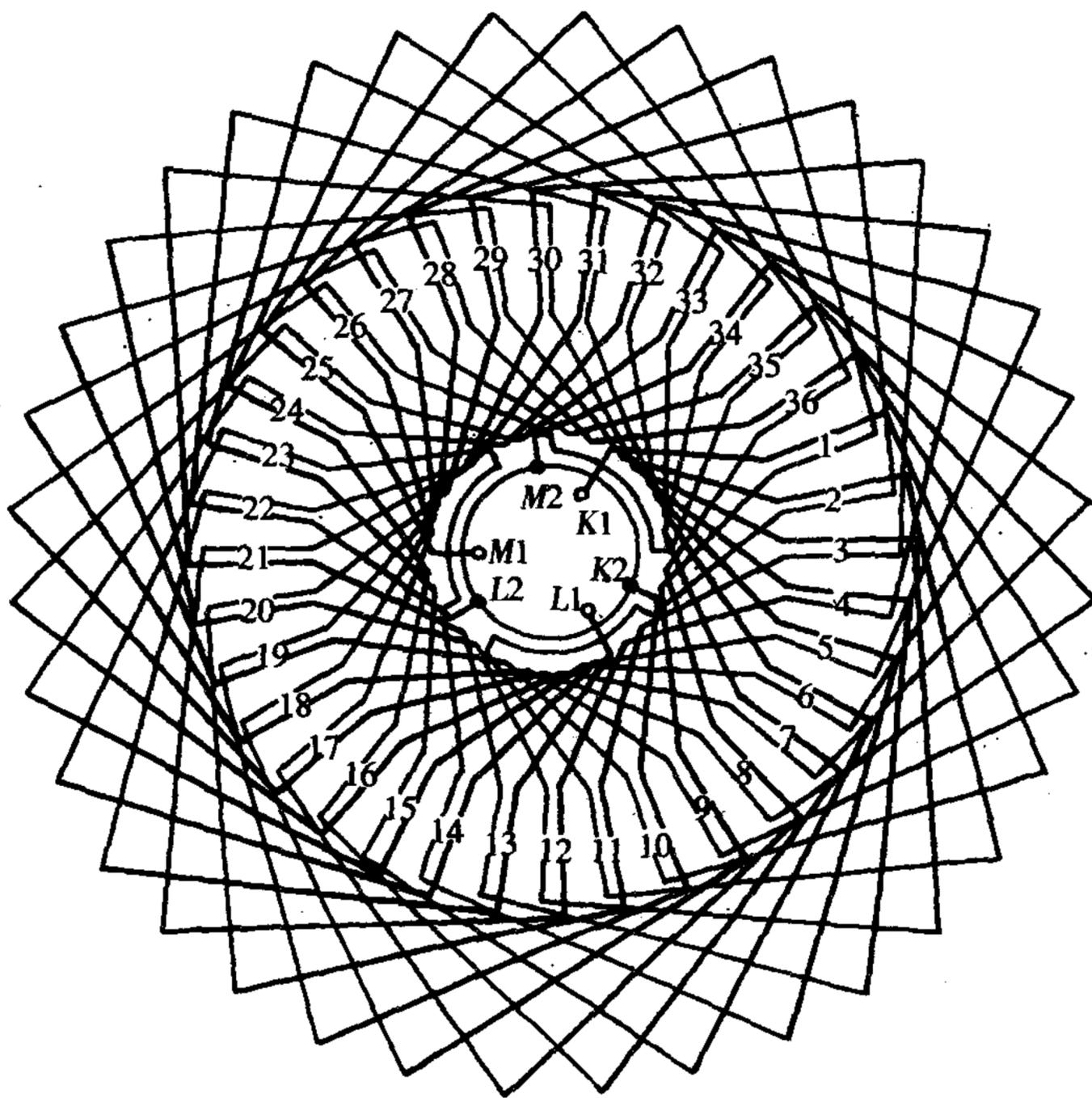


图 4-31 绕线转子绕组甲类波形接法的识别

我们可以看出该乙类波形接法较为简单,它采用翻层导线将一相绕组一次连接起来,这样就省掉了甲类波形接法中段间跨接线。其三相引出线端从转轴滑环一侧引出,而零线环则布置在转轴的另一侧。

三、拆除旧绕组

由于电机绕组都经过良好的浸漆烘干绝缘处理,使绕组已形成一个整体而变得异常坚固,致使拆除旧绕组十分不易。拆除旧绕组时先应将绕组中的绝缘漆加热使绕组软化,以使绕组拆除容易些。但为了保证电机修后的质量,一般不允许把定子铁芯放到火中去烧,因为那样将会使铁芯中硅钢片的绝缘层遭受无可挽回的破坏,并导致铁芯松动、涡流损耗增大和机壳变形等严重后果。因此,要尽可能

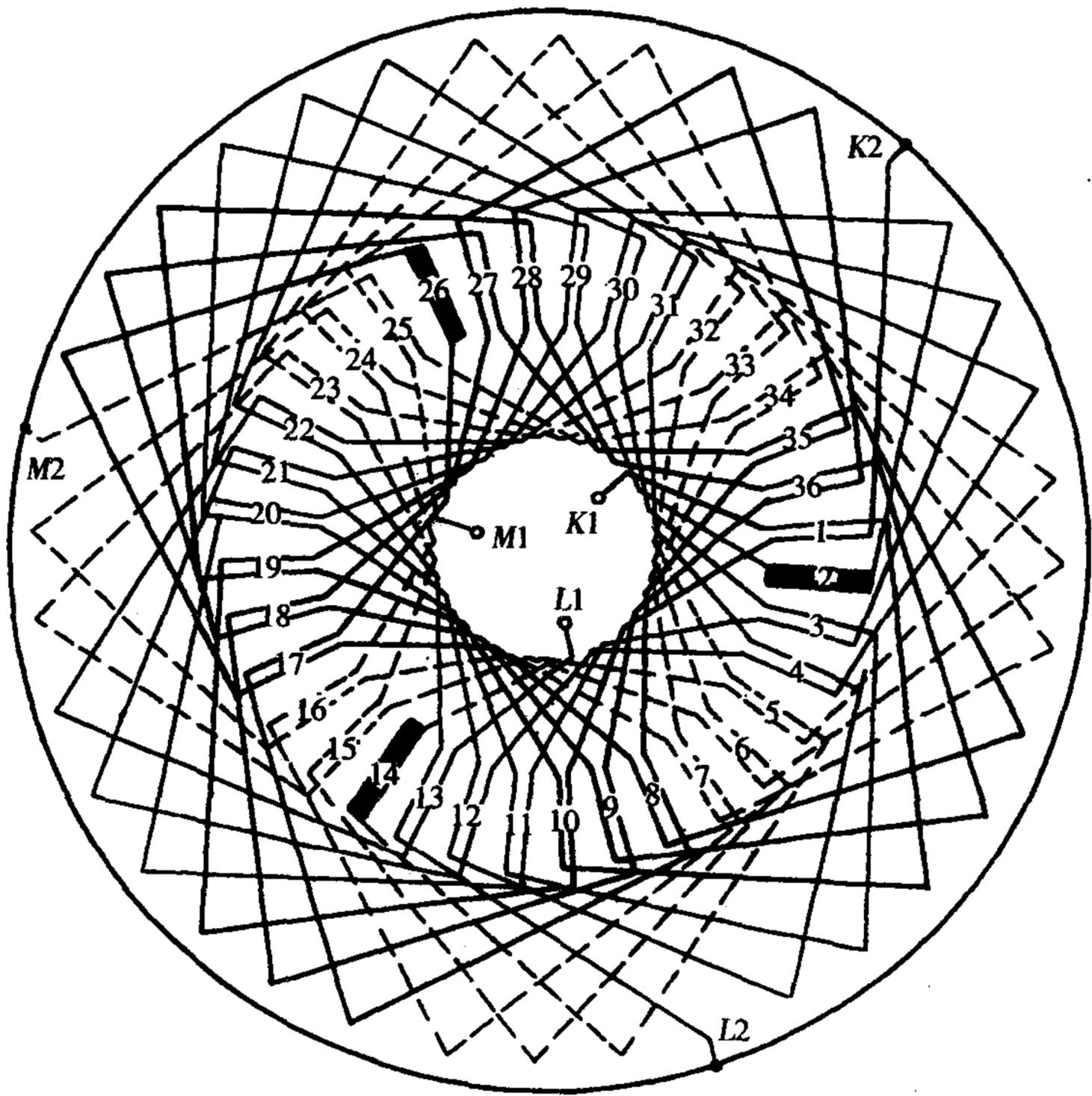


图 4-32 绕线转子绕组乙类波形接法的识别

采取对铁芯基本无损伤的方法去拆除损坏的旧绕组,常用方法有以下几种。

1. 冷拆法

对于那些绝缘严重老化比较容易拆下来的电机旧绕组,则可以采用这种冷拆方法。拆除旧绕组时,可首先用电工刀或废锯条磨成的刀,将槽内的槽楔从中间劈开拆出。再用薄口起子从线圈端部分次拨开线匝,然后将线匝的直线部分分批扯出槽口,直至把全部导线都拆出来。如遇铁芯为闭口槽时,就只有用钢丝钳把绕组一端的端部逐根剪断,然后在绕组的另一端用钢丝钳逐根将导线从槽中扯出。

在拆除旧线圈时还应按导线的排列顺序逐一扯出,切勿用力过猛或多根并扯而损坏槽口。旧绕组拆除后,应将旧槽绝缘一并拆除,并逐槽清理槽内残余的绝缘物和整理好槽口及铁芯两端的端面,以使整个铁芯的端面和槽内无铁屑、杂质和毛刺等有害物,保持平整、干净的良好状态以待新换绕组的嵌入。

2. 加热法

在很多情况下电机绕组虽已接地、短路或断路,但其绝缘大部分尚未老化,绝缘漆使绕组仍为一个较坚固的整体。对这类绕组的拆除,可采取“加热软化、乘热拆除”的方法。电机的加热方式则有通电短路加热和喷灯、烘房等外部加热办法。通电短路加热法是采用将低压电源加到要拆除的电机旧绕组上,如电源容量不够,则可用单相 $3\sim 10\text{ kVA}$ 、 $380/12\sim 16\text{ V}$ 的降压变压器,或用交流、直流电弧焊机,对电机绕组的一个极相组或一个线圈加热。当加热一个极相组或一个线圈后,应及时切断电源拆除这些线圈,直到将绕组全部拆除为止。此外另一种加热方法就是用烘房将电机绕组烘热到其绝缘软化,槽楔和导线均比较容易扯出来的时候。但不论用哪种加热方法,其加热温度均不能太高。一般应控制在 200°C 以下,否则高温将会损坏铁芯硅钢片的片间绝缘,从而导致铁损增加、空载电流增大的不良后果。

3. 溶剂溶解法

当三相电机绕组在其绝缘漆尚未老化的情况下,还可以采用溶剂溶解法来拆除旧绕组,常用的溶剂溶解法有以下几种。

(1) 氢氧化钠(工业烧碱)腐蚀法

采用该方法时一般可将 1 kg 氢氧化钠加上 10 kg 水,把电机的定子绕组浸泡在该溶液中,浸泡时间为 $2\sim 3\text{ h}$ 。如需加快溶解过程则可将溶液加热至 $80\sim 100^{\circ}\text{C}$ 。定子绕组从溶液中取出后,要立即用清水冲洗干净,然后按绕组顺序逐一将旧线圈全部拆除。对于铝导线的三相电机均不能采用该种腐蚀液去拆除旧绕组。

(2) 丙酮、酒精、苯混合溶液浸泡法

当被拆除旧绕组的电机容量比较小时,则可以将丙酮、酒精、苯,除按下列重量百分比进行混合,丙酮:酒精:苯=25:20:55。然后把定子绕组整个浸入混合液中,待绝缘软化后即可开始拆除旧绕组。

(3)丙酮、甲苯、石蜡混合液刷浸法

由于有机溶剂价格较高,故用该溶剂浸泡将会因耗料太多而极不经济。因此,为了节约费用,可对小容量电机改用耗料少的溶剂刷浸法。刷浸时的溶剂采用重量百分比是丙酮:甲苯:石蜡=50:45:5。进行配制时,应先把石蜡加热融化,在移开热源后加入甲苯,最后加入丙酮并将三种材料搅拌均匀。将电机定子立放在有盖的铁盘内,用毛刷把溶剂刷到定子绕组的槽口并加上盖,以防止溶剂挥发太快而减弱溶解效果。经过1~2h之后,即可取出电机定子进行旧绕组的拆除。

四、散绕线圈的绕制、嵌线与接线

中、小容量三相电机的定、转子绕组绝大多数均采用散绕线圈,该类散绕线圈由单根或多根漆包圆导线并绕而成。

1. 绕线模的制作

在重新绕制新绕组前,应依据旧绕组线圈形状和尺寸或需要变动的绕组节距来制作绕线模。绕线模尺寸做得是否合适,对电机的重换绕组工作能否顺利进行起着决定性作用。新绕制的线圈尺寸既不能太短也不可太长,太短将会使嵌线工作发生困难,严重时甚至线圈无法嵌下去;过长则不仅浪费铜线还会使绕组电阻和端部漏抗增大,导致电机电气性能变坏,并且还可能因线圈端部过长碰触端盖而引起新绕组的接地、短路等故障。因此,绕线模的尺寸一定要做得比较准确和正规,最好在拆除旧绕组的过程中有意选择保留一个形状较完整的线圈,可依据该线圈的尺寸制作绕线模。通常按所修电机的旧线圈尺寸做出的绕线模是较为可靠的。但是,若该电机早已经过重换绕组的大修,铁芯槽中嵌置的已不是制造厂的原装绕组。此

时,在拆除旧绕组前应仔细察看该线圈的各部分尺寸是否合理,要酌情作出更改和调整后再予制作绕线模。

如果没有形状完整的旧线圈作参考,则只有经过计算来重新设计绕线模。经重新设计制作的绕线模,在绕出第一个线圈后仍应进行试嵌,以检查线圈各部分尺寸是否符合要求。如有不合适之处,则应对绕线模予以修改和调整,直至所绕线圈完全合适时才开始正式绕制全部的线圈,不然将会造成导线材料的损失。

绕线模一般由模心和夹板所组成,如图 4-33 所示为双层叠绕组的绕线模。从图中我们可以看出,模心是绕线模最重要的部分,它决定所绕线圈的长、短、宽、窄及全部尺寸。所以,对绕线模模心尺寸的确定应十分细心和慎重。如果自己有确定模心的实际经验,则可根据电机的绕组型式在铁芯上用一根导线弯成模心样板,以它作为制作绕线模的参考。绕线模的模心尺寸如图 4-34 所示,其计算方法如下所述。

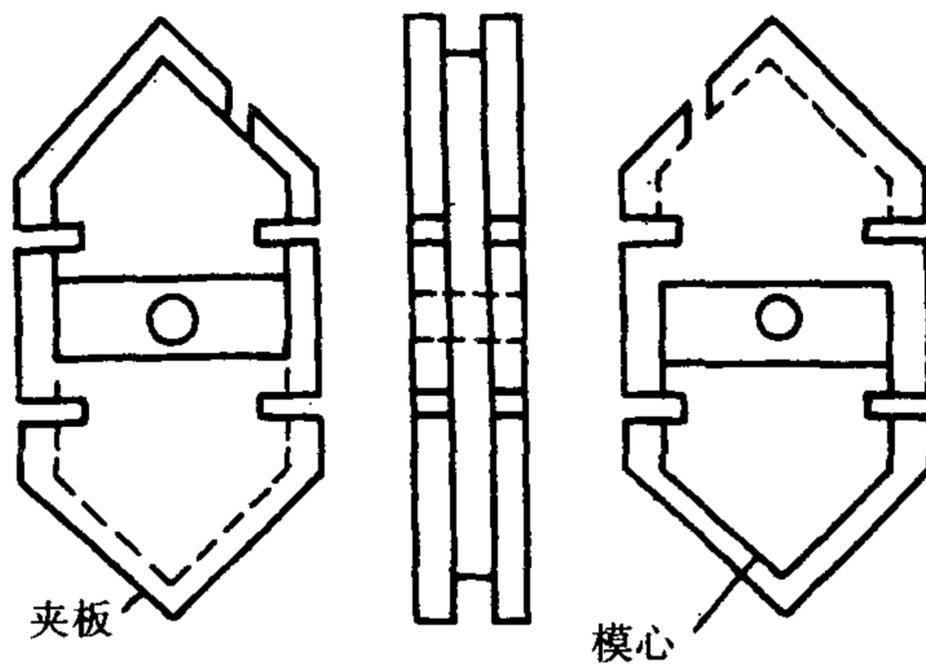


图 4-33 双层叠绕组绕线模示意图

模心宽度:
$$\tau_y = \frac{\pi(D_i + h_s)}{Z_1} Y_1 (\text{mm})$$

式中 D_i ——定子铁芯内径,mm;

Z_1 ——定子铁芯槽数;

Y_1 ——用槽数表示的节距;

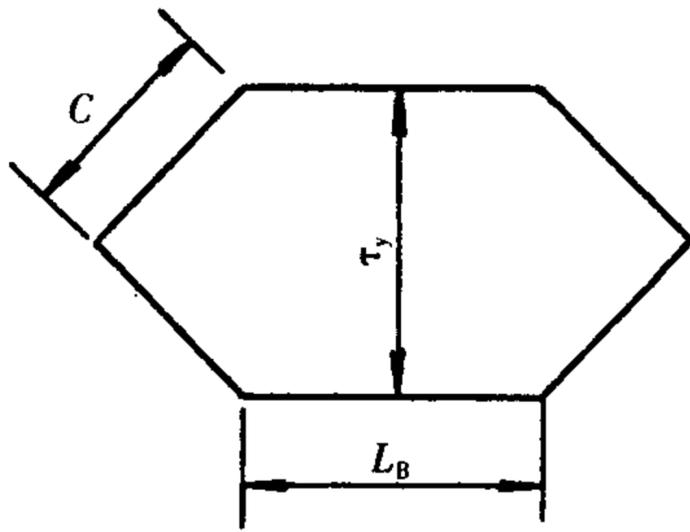


图 4-34 绕线模模心各部尺寸

h_s ——定子槽高, mm。

模心直线部分的长度:

$$L_B = l + 2d(\text{mm})$$

式中 l ——定子铁芯长度, mm

d ——线圈直线部分两端伸出铁芯的长度, 一般取 $d = 5 \sim 15$ mm, 功率大的取大值。

模心端部的长度:

$$2c = k\tau_y(\text{mm})$$

式中 k ——系数, 2 极时取 $k = 1.2 \sim 1.25$, 4 极时取 $k = 1.25 \sim 1.3$;

τ_y ——模心宽度, mm

模心厚度:

$$H = d_i \sqrt{N}$$

式中 d_i ——绝缘导线直径, mm;

N ——一个线圈的导线数。

绕线模的夹板尺寸则以周边高出模心 $10 \sim 15$ mm 为宜。模心制成后一般均在其轴心处倾斜地锯开, 半块模心固定于上夹板, 而另一半块则固定在下夹板, 这种结构可易于脱模和取出绕好的线圈, 具体结构可参见图 4-33 所示。绕线模一般均用干燥的硬木制作, 因为它不易变形而又易于加工制作。绕线模可以根据电机绕组每极相组的线圈来做模板, 由于线圈可以中间不剪断而一次连续绕成, 因而就

避免了线圈间许多不必要的连接,从而提高了电机运行可靠性。

2. 线圈的绕制

线圈绕制前应先用千分表检查所用导线直径、绝缘厚度是否符合要求。常用圆电磁线的公差和绝缘厚度如表 4-20 和表 4-21 所示。

表 4-20 常用圆电磁线公差

圆导线直径/mm	$\phi 0.27 \sim \phi 0.69$	$\phi 0.72 \sim \phi 1.0$	$\phi 1.04 \sim \phi 1.62$
公差/mm	± 0.01	± 0.015	± 0.02

表 4-21 常用聚酯漆包线绝缘厚度

圆导线直径/mm	绝缘厚度/mm	圆导线直径/mm	绝缘厚度/mm
$\phi 0.27 \sim \phi 0.33$	0.05	$\phi 0.64 \sim \phi 0.72$	0.08
$\phi 0.35 \sim \phi 0.49$	0.06	$\phi 0.74 \sim \phi 0.96$	0.09
$\phi 0.51 \sim \phi 0.62$	0.07	$\phi 1.0 \sim \phi 1.74$	0.11

绕线前必须仔细搞清楚绕组的节距、线径、并绕根数、线圈匝数、每极相组内线圈数、每相极相组数、并联支路数和接法等有关技术数据,特别是线径、并绕根数和匝数不能有差错,因为它直接影响到电机运行性能的好坏。三相交流电机散绕线圈可在手摇或机动绕线机上进行,其绕线步骤如下所述。

(1)准备好绕线机、绕线架、绕线模、钢丝钳、剪刀、活动扳手以及电磁线、绝缘套管、绝缘带和扎线等。

(2)将准备好的绕线模装入到绕线机的主轴上,并用螺母把线模两侧的外夹板锁紧,将绕线机计数器号拨到“零”位置。电磁线盘装到绕线架上,并使绕线架与绕线机间保持适当的距离,将电磁线引至绕线模时保持平直无弯曲。

(3)绕线开始时,将电磁线的起始线端经绕线模右侧开口处固定到绕线主轴上,绕线从右边开始向左边绕。如图 4-35 所示,绕线前应在绕线模的 4 道槽内放入扎线,用以将绕好的线圈逐个扎紧。

(4)绕线时电磁线在线模槽内应排列整齐、层次分明,不得有严重的交叉和混乱。绕满一个线圈所规定的匝数后,用摆放在槽内的棉匝线将线扎紧,以免线圈下模时线扎松散。接着把电磁线拉入绕线模的第二线槽,然后按同样方法继续下去,直至绕完绕线模内所有线槽。同心式绕组通常从最小线圈开始绕线。

(5)整组线圈绕好后,留下适宜的引线长度并用钢丝钳剪断电磁线。接着用活动扳手松开绕线机主轴螺母,然后从绕线模上逐槽取出绕好的所有线圈。

(6)绕组绕线时各极相组内的线圈中最好不要有接头,以免增加绕组的故障点。确因线圈在绕制中电磁线不够需要连接时,其线端焊接处也应选择在在线圈的端部位置。而且绝对不准选在线圈的直线部分,否则经焊接的电磁线加包绝缘后就很难嵌入槽内。即使能够嵌入槽中若焊接不良则又极易造成线圈断路故障,从而给以后的故障检查和修理带来极大的困难。

(7)绕线过程中应注意拉紧电磁线,其力度要松紧适宜。过松则使线圈内部松散而外部零乱,绕出的线圈质量较差不利嵌线;过紧则又可能将电磁线直径拉小,从而影响电磁线的电阻,应特别留意这种情况。

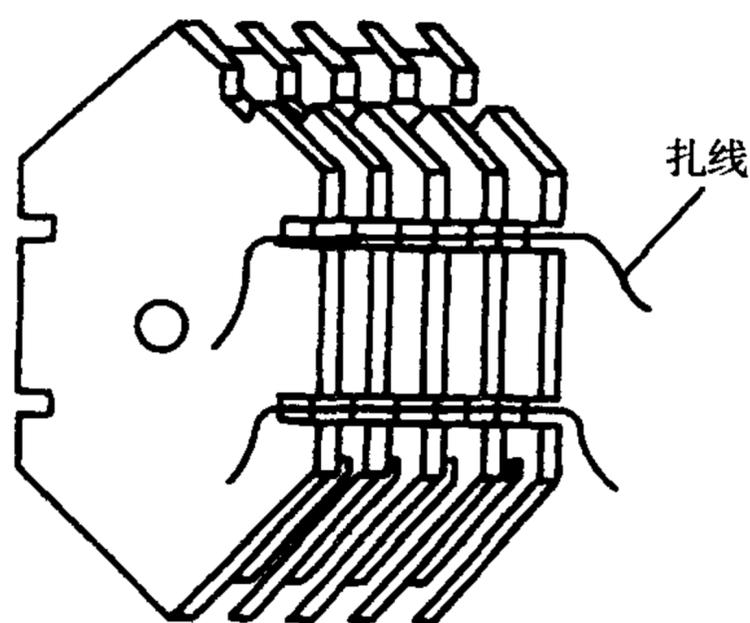


图 4-35 在绕线模内放扎线

3. 绝缘的裁剪

三相交流电机绕组散绕线圈的槽绝缘、相间绝缘和层间绝缘,一般 E 级绝缘时采用 6520 聚酯薄膜青壳纸复合箔,其厚度为 0.15、0.2、0.25 mm 等,根据电动机功率大小和电压高低去选择不同的厚度。B 级绝缘电机的槽绝缘、层间绝缘和相间绝缘,近年来则大多采用 6630 聚酯纤维无纺布聚酯薄膜复合箔(俗称 DMD)。

槽绝缘用来垫放铁芯槽内,其两边均须高出槽口以便于线圈无损伤嵌入,如图 4-36 所示。并且为保证绕组的接电强度,槽绝缘还应伸出铁芯两端一定的长度。槽绝缘伸出铁芯的长度应视电机功率的大小而不同,功率大的电机其槽绝缘伸出长度可略长些。

当在同一槽内嵌放有上、下两层线圈元件边时,应在槽内的两层线圈元件边之间垫入层间绝缘,三相绕组的端部重叠处则应垫入端部绝缘,层间、端部绝缘均采用与槽绝缘同等的绝缘材料。图 4-37 所示为三相交流电机一般的槽绝缘结构。

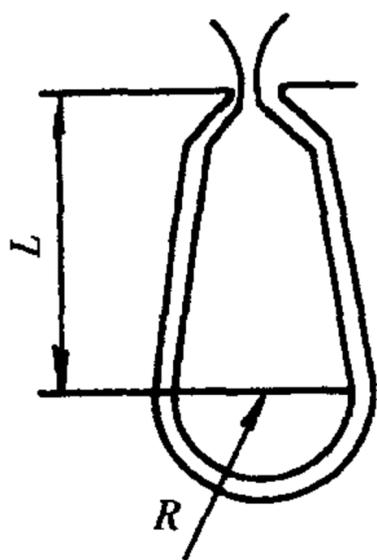


图 4-36 槽绝缘的垫放

4. 绕组的嵌线

三相交流电机散绕线圈的嵌线是一项比较细致的工作,它要将绕制好的三相绕组逐个线圈地按照规定的节距、接法依序嵌入铁芯槽内。散绕线圈嵌线的具体步骤如下。

(1) 仔细检查清理铁芯槽内的绝缘残留物,用锉刀、起子修正突出的硅钢片和毛刺,以及纠正铁芯两端因拆除旧绕组而产生的硅钢

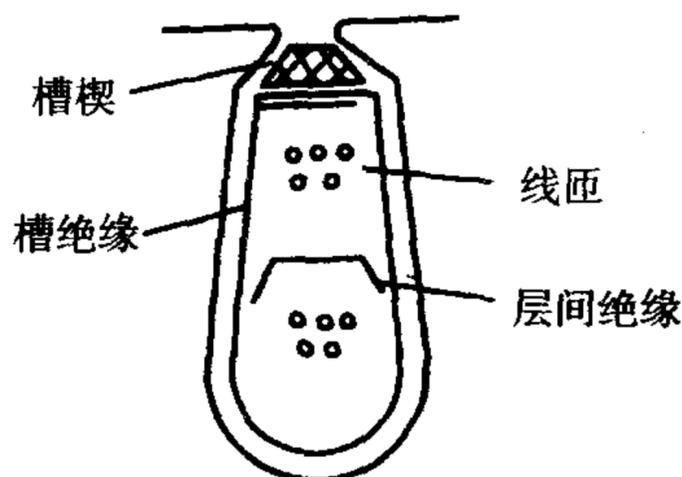


图 4-37 槽内绝缘结构

片弯曲等,并用吹风机或皮老虎将槽内杂屑吹干净。

(2)准备好槽绝缘、相间绝缘、层间绝缘、槽楔、整台电机的三相绕组;以及锤子、剪刀、压线板、理线板等材料 and 工具,并将槽绝缘逐一放入槽中。

(3)认真查看电机修理原始技术数据,看清绕组的型式、节距、并联支路数和接法等,根据上述数据选择合理的嵌线起始位置及绕组的嵌线顺序。

(4)开始嵌线时,将待嵌入的第一只线圈靠胸前的元件边用手指把它捻扁,使全部线匝成为扁平一排的状况,然后从一端槽口斜嵌入线圈的部分线匝或全部线匝。如遇到许多线匝被堵在槽中时,这时可用手指将线圈轻轻摇动,使线匝徐徐进入槽中,或用理线板把线匝理清后整齐地括入槽内。

(5)将嵌入的第一只线圈的另一元件边,推过节距槽暂不嵌入槽中,并用双手在线圈两侧端轻压喇叭口。如果是单层链式、单层交叉式及双层叠绕组等,均要在嵌入槽中的线圈元件边数达到线圈节距的槽数时,才可将该只线圈另一元件边嵌入其节距槽内。

(6)嵌起始极相组第二只线圈以后的线圈时,应先将线圈间连接线整理后再嵌入槽中。然后再把线圈元件边捻扁一次拉入槽内,连接线应置放于线圈的内侧,因为这样能使嵌后的绕组整齐美观。

(7)嵌完 a 相的第一个极相组后即垫入层间绝缘,并用锤子和压线板将层间绝缘敲平压实。接着按同样的方法嵌入 b 相的第一个极

相组并垫好层间绝缘,随后再嵌入c相第一个极相组。当该极相组中的线圈达到节距槽数时,就应将这个线圈的另一元件边嵌入节距槽的上层,线圈嵌入槽后即可剪去多余的槽口外绝缘纸,用理线板把绝缘纸折转压入槽中并用压线板将其压实,然后打入槽楔。但在打入槽楔时应特别注意不要损坏槽绝缘和电磁线。接着按同样的方法将c相第一个极相组内达到节距数的线圈嵌完。随后再嵌入a相第一极相组,线圈嵌入后打入槽楔、垫入层间绝缘、隔放后端部相同绝缘和整理好极相组的引线等。

(8)当嵌到第一节距内最先留下暂未嵌入的线圈元件时(即俗称“吊把”线圈),此时应逐一翻起这些线圈并用纱带捆吊起来。其翻起高度以不影响最后一只线圈元件边的嵌入为准,下层元件边嵌完后再将“吊把”线圈元件边放下来嵌入各自槽中。

(9)绕组各线圈全部嵌入铁芯槽中后,可用锤子和垫打理线板轻敲绕组端部,使绕组端部成为低于定子铁芯内径的一个圆整喇叭口。

(10)修剪绕组端部绝缘纸,使绝缘纸高于线圈表面2~3mm。

(11)嵌线过程中如发现槽底绝缘纸破裂或槽内过于松动等情况,则须垫入同等绝缘材料予以修复和充实。

(12)线圈的端部和连接线等,如有凌乱或严重交叉时则须理线,予以理顺和整理。

5. 绕组的接线

绕组的线圈全部嵌入铁芯槽内以后,就可以按照规定的接法对三相绕组进行连接,具体的接线步骤如下。

(1)接线前的准备

绕组在接线前应准备好玻璃丝绝缘套管、玻璃丝漆布带、蜡线、松香、焊锡、引出电缆线以及锤子、剪刀、钢丝钳、垫打理线板、弹性刮漆刀和电烙铁等材料 and 工具。

(2)接线前的检查

应根据原始技术数据的记录,看清三相绕组出线端的相互位置、并联支路数、接法、出线方向等,以及检查各相绕组的线圈是否有嵌反、接

错和端部相间绝缘垫错等情况,如发现这类错误,则应立即纠正。

(3) 绕组的连接

接线时首先应将各绕组的出线端整理好,并且合理选定引出线端的出线位置,一般都应将出线位置选在距出线盒附近绕组的端部两侧。连接可按 a、b、c、三相绕组的顺序逐相进行,各相绕组的接法则按显极或庶极接法正规连接即可。连接时在需要接线的两线端上套入玻璃丝漆套管,套管长度以伸入线圈鼻端 20 mm 左右为宜。然后用图 4-38 所示的弹性刮刀将导线绝缘漆层刮除,两线端可采取平行铰接的方法进行连接。然后用电烙铁和焊锡、松香对线端铰接处实行焊接,焊好后电烙铁要平移离开焊接处,以免在该处留下焊锡尖端而刺破绝缘。接着用绝缘套管或绝缘漆布带半叠包两层将连接线焊接处仔细绝缘好。

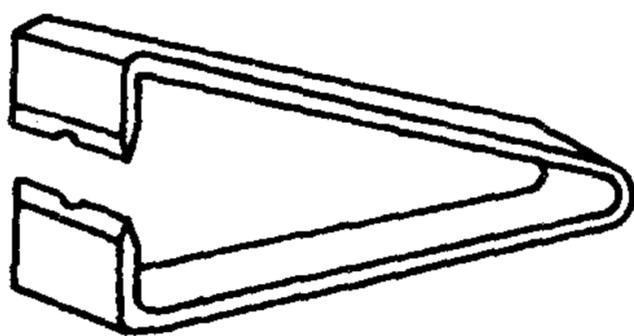


图 4-38 弹性刮线刀

(4) 引线电缆的焊接

根据出线位置量出引线电缆长度后予以剪断,并剥去引线电缆接线处的绝缘层,将其与刮去漆层的绕组引线端连接,线端接好后即仔细焊接牢固。然后把引线电缆的接线处用漆布带包好,并在包好的绝缘漆布带外面套入大小适宜的玻璃丝漆套管。

(5) 绕组的端部绑扎

先将绕组端部的喇叭口用锤子和理线板进行整理,使喇叭口圆整而且符合其尺寸要求。连接电缆线应平整地排列在绕组端部,并用蜡线牢固地绑扎好。

6. 绕组的检验

在电机重换绕组的嵌线和接线工作完成后必须进行部分质量项

目的检验,这样可以提前发现重换绕组修理过程中的问题,以确保电机的修理质量。检验的主要项目有:外表检查;电阻测量;极性检查;短路检查;耐压试验等。现将这些项目的检查方法简述如下。

(1)外表检查

首先应检查绕组两端伸出的长短是否一致,喇叭口大小是否合适,过大或过小对电机的正常运行都不利。通常三相交流电机定子绕组端部内圆应适当略大于定子铁芯内径,绕组端部外圆则应略小于定子铁芯外径。其次还应检查槽底绝缘是否有破裂处;槽口绝缘是否将槽中导线全部包折好;端部相间绝缘是否都垫到位等。最后则应检查槽楔的长短是否符合要求,槽楔是否有高出槽口的部分和在槽内有无松动现象等。

(2)电阻测量

用电桥分别检测三相绕组的直流电阻,看其是否符合原绕组的电阻值,以及三相绕组的电阻是否平衡。从而可以检查重换绕组的匝数、接法是否正确,线端焊接是否牢固等。

(3)极性检查

用指南针法检查绕组极是较为容易而准确的。采用这种方法检查时,一般均为逐相进行,先依次通以低压直流电并将指南针贴近铁芯内圆,然后沿圆周移动一圈后看测得的电机绕组极数和极性是否正确。若发现指南针摇摆不定,或极性不是按南北极交替分布时,则无疑是绕组在连接时存在错误。

(4)短路检查

对重换绕组短路检查,可用短路侦察器或将电机装起来作空载试运行。若发现有短路故障,此时返修比较容易,因为整个电机绕组尚未进行浸漆烘干的绝缘处理。

(5)耐压试验

由于重换绕组在嵌线、接线过程中,均可能发生绝缘损坏的情况,所以当绕组在经过上述工序和未进行绝缘处理前,都应按要求对绕组的对地绝缘和相间绝缘作耐压试验,以鉴定绕组绝缘的好坏。

五、成型线圈的绕制、嵌线与接线

中大型三相交流电机的定子绕组多为成型线圈,该类线圈的绕制、嵌线与接线较为繁复,现将其重换绕组的工艺简述如下。

1. 线模制作

成型线圈的绕线模,一般都是硬木或铝材制成的通用绕线模。绕线模尺寸的确定可按照线圈的实样制作,取线圈最里面一匝的全长作为依据。但也可以通过计算来获得。计算时首先应测出旧线圈的各部分尺寸,如图4-39所示。然后再按下列公式计算绕线模尺寸。梭形模端部长度 M_1 (参见图4-40 计算)为:

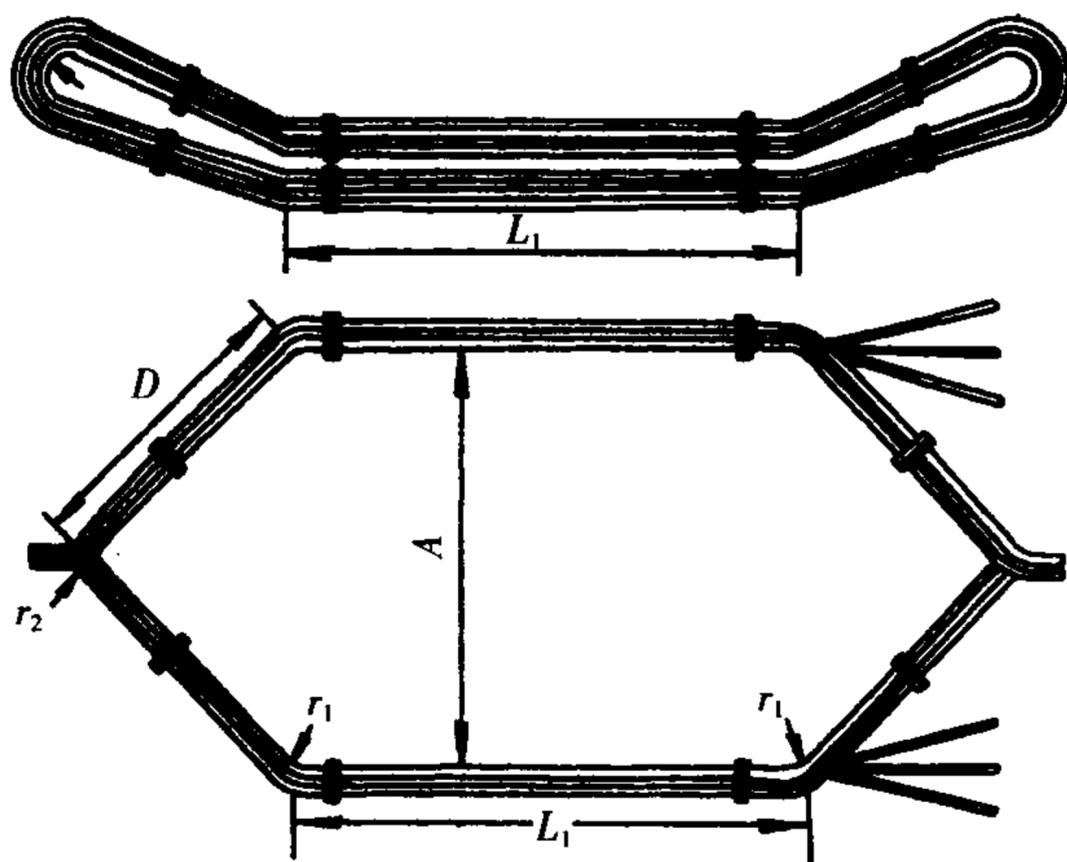


图4-39 成型线圈尺寸

$$M_1 = \sqrt{L_D^2 + \frac{1}{4}R_B^2 + (H-h-R)^2}$$

式中 L_D ——端部长度,mm;

R_B ——线圈宽度,mm;

R ——鼻端圆弧半径,mm(3~6 kV 为 15 mm);

H ——绝缘前鼻端高度;

h ——绝缘前端部截面高度, mm。

梭形模总长度 M 的计算, 如图 4-40 所示。

$$M = L_1 + 2M_1 + M_0 \text{ (mm)}$$

当 $2p = 2 \sim 4$ 极时, $M_0 = 10 \sim 20$ (mm) (取中间值); 当 $2p = 6 \sim 8$ 极及以上时, $M_0 = 0$; L_1 为直线部分长度 (mm), 等于铁芯长度加上其两端伸出度。

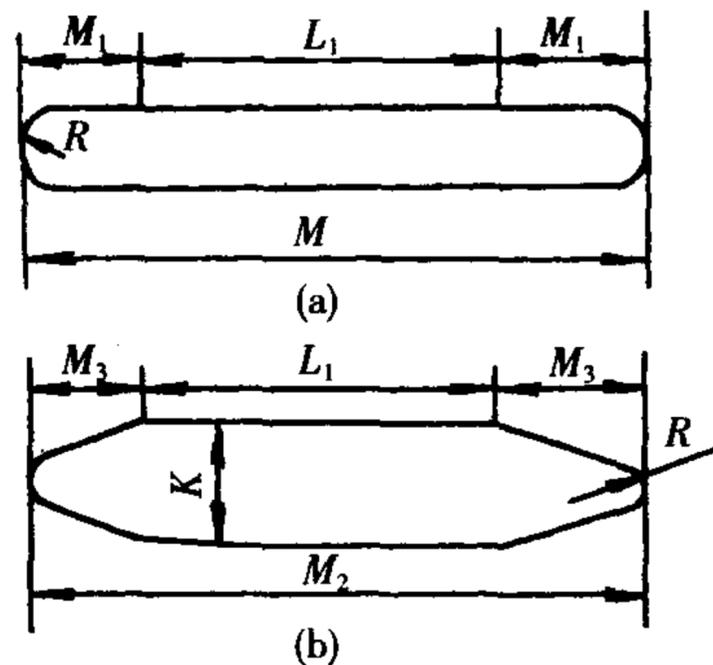


图 4-40 成型线圈模心尺寸

线模尺寸确定后, 就可着手制作绕线模。成型线圈一般采用单个线圈绕制, 因此只须用一块硬木作模心和两块外夹板即可。模心厚度由线圈及绕导线根数决定, 绕线模如图 4-41 所示。

2. 线圈绕制

绕线前应注意检查导线的质量, 如线径、绝缘厚度、耐压强度、耐温等级等, 然后可在手动绕线架或电动绕线机上进行绕制。成型线圈一般均采用绝缘平导线平绕, 绕时先将引线端固定在模心引线槽内 (引线长度应符合原线圈的引线长度), 并将导线敲平帖服于模心上。在绕线过程中必须随时敲平各匝导线, 以免线圈匝间存在间隙而过于松散。在绕线架或绕线机与放线架之间, 要用夹线板将扁导线夹紧。从而使得导线在线模上能排列得平整紧凑, 如图 4-42 所示, 即为用层压板制成的夹线板。当绕完线圈的全部线匝后, 用棉线扎紧线圈, 然后松开绕线模取出线圈, 直至将整台电机线圈绕完。线

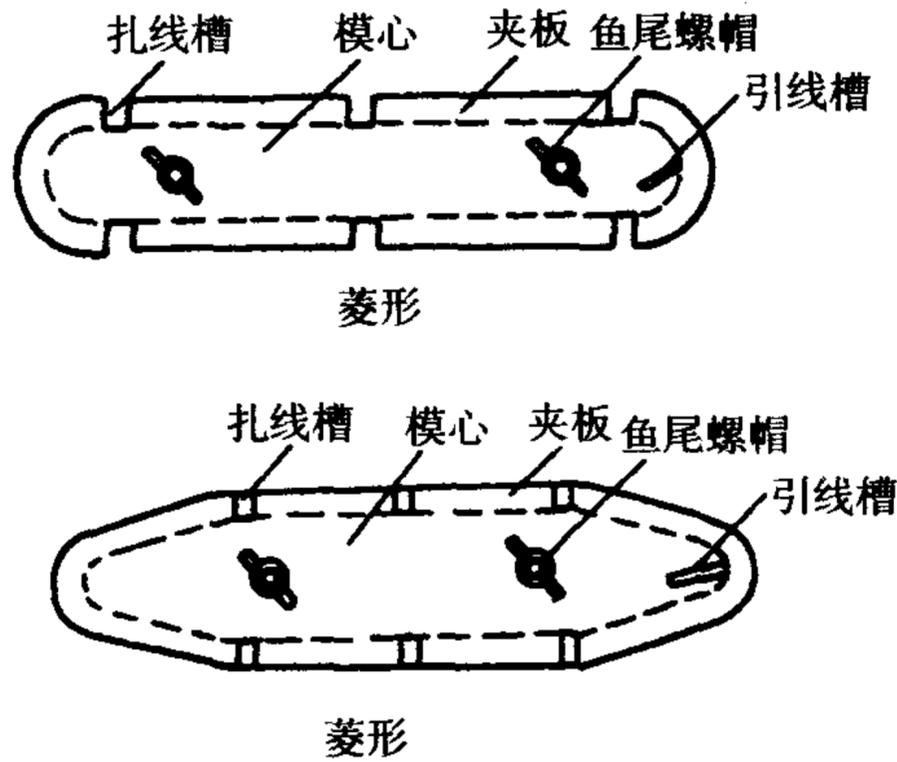


图 4-41 成型线圈绕线模

圈绕好后,应将其引线头上的玻璃丝或绝缘漆层清除掉,并用松香酒精在焊锡锅内把引线头搪上锡,以利后面的绕组接线顺利进行。

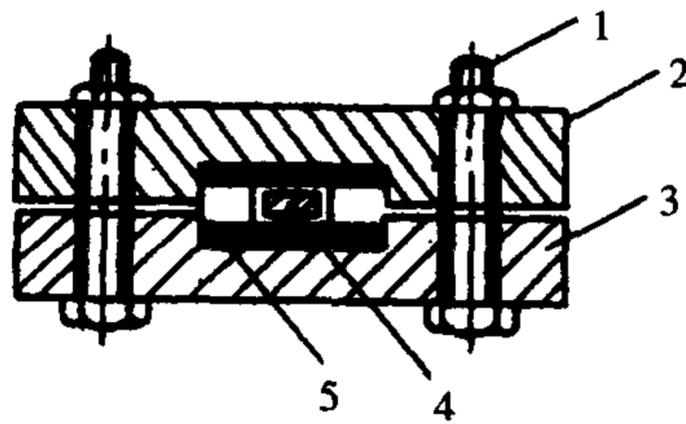


图 4-42 绕线用夹线板

1—螺栓 2—上夹板 3—下夹板 4—绝缘导线 5—绝缘纸板

3. 线圈拉形及绕包绝缘

拉形前先将绕好的菱形线圈初包一层 $0.05\text{ mm} \times 25\text{ mm}$ 的无碱玻璃丝带(直线部分疏包、端部半叠包),要求把线圈扎紧保证拉形时不致松散。线圈拉形在制造厂是用电动拉形机进行的,在不具备拉形机的特殊情况下,也可采用图 4-43 所示的手工拉形方法,此时仅需具备虎钳一台、木制拉模两个、扁嘴钳一把、木锤或橡皮锤一把,即可完成整个拉形工作。经拉形后的线圈,根据电机的绝缘要求,可采

用聚酯薄膜带、合成纤维带和无碱玻璃丝带、玻璃漆布带等进行绝缘包扎。绕包方法则主要有半叠包、平包和疏包三种。

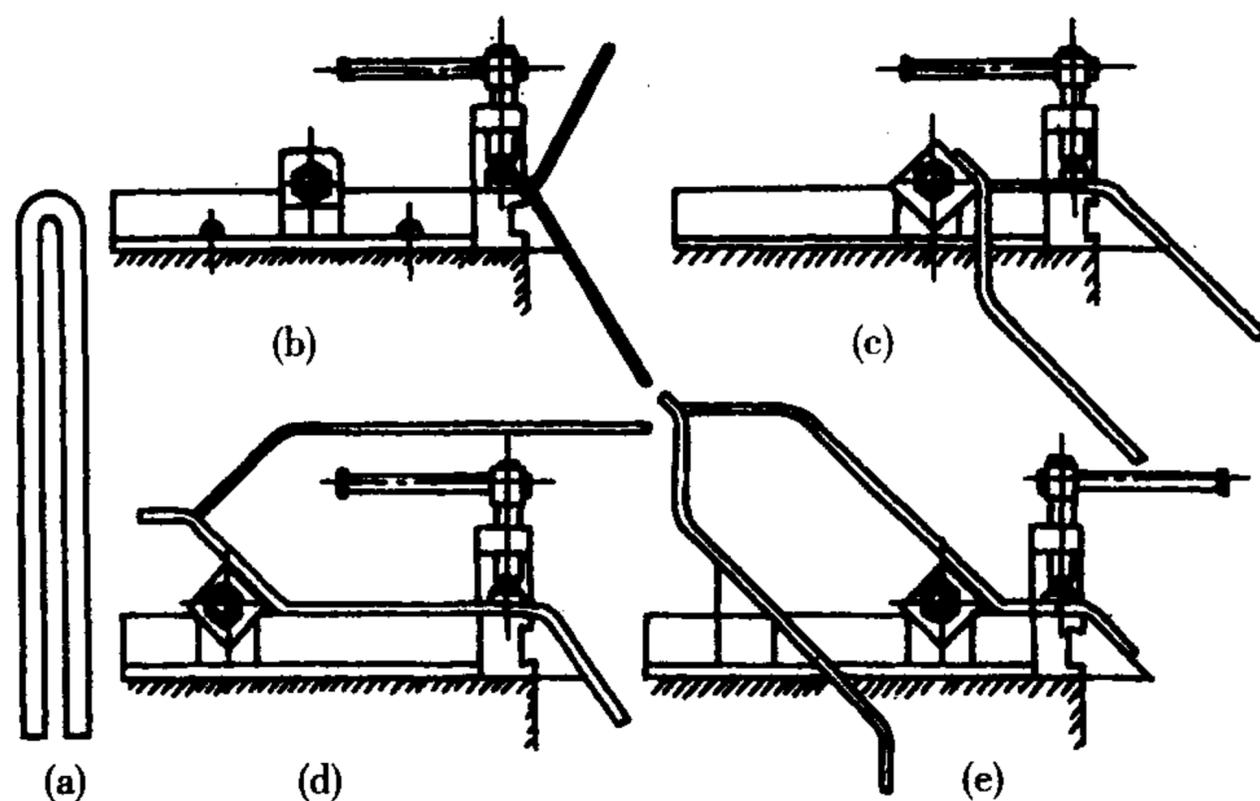


图 4-43 手工拉形示意图

4. 放置槽绝缘

根据电机的电压及耐温等级要求选用相应的绝缘材料,将裁剪好的绝缘材料放入经仔细清理过的铁芯槽中。

5. 绕组嵌线

在未嵌线前先要把所有线圈按长、短引线头编排成极相组,然后再依序一个一个线圈地嵌入槽内,接着封槽口绝缘和打入槽楔。成型线圈的嵌线比较方便,如果定子铁芯为半开口槽,则槽内元件边嵌线顺序将如图 4-44 所示。

6. 绕组接线

进行绕组接线时,应先将各个线圈按长短引线头编好的极相组串连接成极相组;再将各相所属的极相组,按规定的显极或庶极接法连接起来,最后接上引出电缆线。连接线的焊接有两种方法,一种是把要连接的两根扁铜线(或两根以上)合并在一起,用 $0.4 \sim 0.6 \text{ mm}$

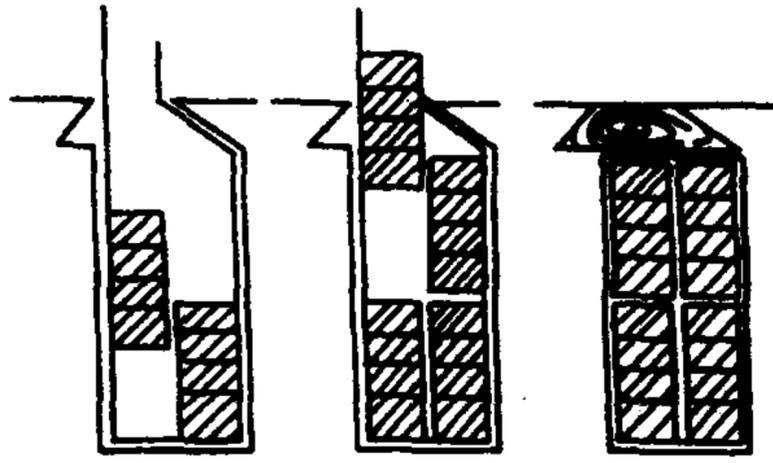


图 4-44 半开口槽的嵌线顺序

的裸铜线扎紧；另一种就是用铜套接头套在合并后的扁铜线上面，再用电烙铁或浇焊的方法将线端焊牢。

7. 绕组的检验

绕组接好线后应进行几项必要检验，以提前找出重换绕组过程中可能存在的问题，使故障及时发现、及时返修，确保修理工作进行顺利。

(1)用兆欧表检测绕组绝缘电阻；用高压试验台对三相绕组进行对地、相间的高压试验。以检查绕组绝缘是否合格。

(2)用双臂电桥测量三相绕组的直流电阻，以检查接线是否正确，焊接质量是否良好。

(3)调低试验电压测试三相电流是否平衡，用以检查绕组接线是否正确，有没有接反或接错等故障。

六、杆形线圈的绕制、嵌线与接线

杆形线圈是一种半元件线圈，它主要应用在三相绕线转子异步电动机的转子波绕组内，中大型电机的定子绕组也间有采用。该类线圈通常用铜杆或扁电磁线绕制而成。线圈的型式一般为单匝波绕组，每槽为两个元件以构成双层波绕组，整个绕组嵌好后按星形接法连接。采用杆形线圈的转子绕组重绕，可按以下方法和步骤进行。

1. 拆除旧绕组

由于三相绕组转子异步电动机的转子波绕组，均用较大截面的

扁裸铜导线制成,因此这类绕组重绕时一般都是利用旧线圈,在重新更换绝缘后以恢复原设计的质量要求。

(1)拆除端部绑线 杆形线圈转子绕组端部通常由无纬玻璃丝带或钢丝绑扎,在拆除绑线前应绑扎部位、宽度和钢丝层数,拆除下来后还应测量钢丝规格。对用钢丝绑扎的可用电烙铁熔开焊接端以拆除钢丝;无纬玻璃丝带绑扎的,则可先用手锯将绑扎箍锯断以后,再将断箍予以拆除。

(2)拆除接头铜套、接线和槽楔 绕组的接头铜套及接线多用锡焊,拆除时可用大功率电烙铁进行,可将接头铜套、段间接线、引出线、零线环和风叶片等一并拆下。因其转子铁芯为半闭口槽,所以要用铁钎和锤子才能将槽楔从槽中退出。拆时必须十分仔细,不得损伤铁芯而造成槽齿外张。

(3)拆除旧线圈 拆除前可先将整个转子放入烘房加热,让其在 $110\sim 120^{\circ}\text{C}$ 的温度下烘烤2h左右以使绝缘软化。然后趁热用弯形工具将上层线圈端部的一端扳直,接着从线圈另一端把上层线圈抽出来。再用相同方法抽出下层线圈。在拆除绕组的过程中,应将绕组每相首、尾端、段间跨接线、零线等所在的槽标上记号,以便顺利进行修复工作。

(4)旧线圈整理 拆下的旧线圈应用电工刀剥去或烧掉旧绝缘,并将其作退火处理。退火时,用炭火将旧铜条线圈加热至微红,然后投入水中冷却即可。

经过退火后的铜条线圈变得较为柔软,这时可在平台上用硬木调直,然后在木制整形模中进行一端的端部弯形和整形。最后将线圈两端重新挂上焊锡。

2. 重换绕组绝缘

三相绕组转子异步电动机转子绕组各类绝缘结构见表4-22所示。转子线圈直线和端部绝缘搭接处的尺寸则如图4-45所示。

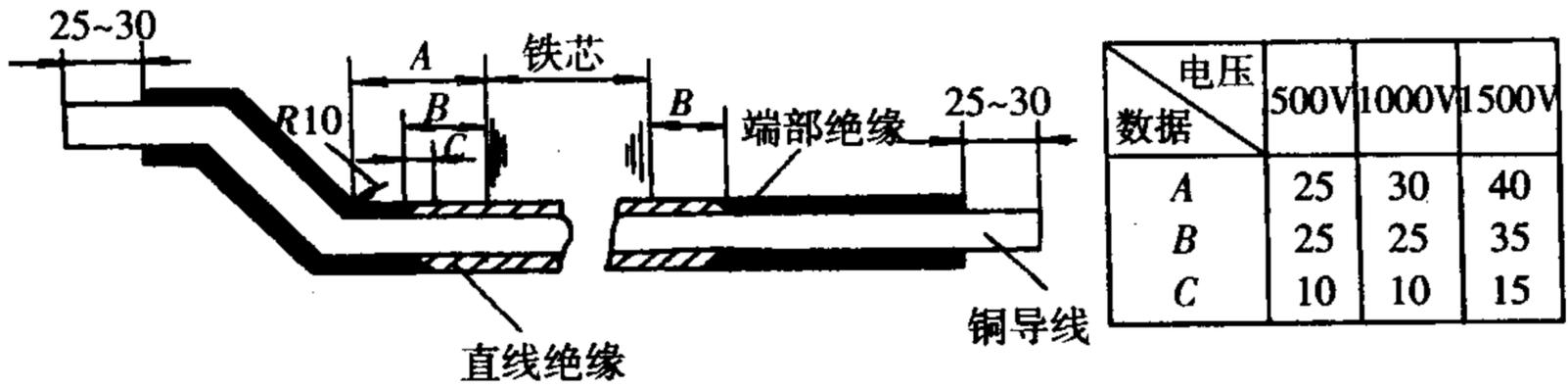


图 4-45 绕线转子的杆形线圈

表 4-22 插入式转子导条常用绝缘结构

部位	类别	绝缘型式	绕包或卷包层数			
			500 V	1000 V	1500 V	
直线	1	0.17 mm 薄膜玻璃粉云母箔(烘卷) ^①	3 $\frac{1}{2}$ 层 ^③	4 $\frac{1}{2}$ 层 ^③	5 $\frac{1}{2}$ 层 ^③	
	2	0.17 mm 粉云母箔 0.15 mm 环氧酚醛玻璃胚布	卷烘 ^① (适用于 湿热地带及井 下的电动机)	2 $\frac{1}{2}$ 层 ^③	3 $\frac{1}{2}$ 层 ^③	4 $\frac{1}{2}$ 层 ^③
				3 $\frac{1}{2}$ 层 ^③	4 $\frac{1}{2}$ 层 ^③	5 $\frac{1}{2}$ 层 ^③
	3	0.14 mm 玻璃粉云母带半叠绕组(烘压)	2层	3层	4层	
	4	环氧粉末树脂涂敷(直线和端部一次涂敷单面厚度 0.5 mm)				
5 ^④	聚酯薄膜粉云母 TOA-601,604 玻璃漆布复合卷烘 ^① (适用于湿热地带及井下的电动机)	3 $\frac{1}{2}$ 层 ^③				
端部	1	0.15 mm 玻璃漆布带半叠绕	1层	2层	2层	
	2	0.17 mm 薄膜粉云母带半叠绕	1层	2层	2层	
	3	0.13 mm 玻璃片云母带半叠绕	1层	2层	2层	
	4 ^④	聚酯薄膜芬云母 TOA-6101,604 玻璃漆布复合半叠绕	1层			
		以上四种型式外面均半叠绕 0.10 mm 无碱玻璃丝带	1层	1层	1层	

注 表中类别号系指直线部分与端部同时采用的绝缘方式。

① 卷烘指需热包后冷压,热卷包在热包机上进行,热卷包温度应使云母粘合剂呈胶体状态,热卷包时间 10~30 s,云母箔和坯布一次卷成整体。

② 烘包指包绕绝缘后需热压固化。

③ 卷烘绝缘层数中“1/2”系指在宽边重叠半层。

④ 经对比试验,性能良好(11 周期湿热试验后绝缘电阻为 $(1.1 \sim 2) \times 10^9 \Omega$,击穿电压 20~29 kV)。

转子杆形线圈的槽绝缘采用 0.17 mm 聚酯薄膜青壳纸或 0.22 mm 聚酯薄膜聚酯纤维复合箔(DMD),或者用聚酯薄膜玻璃漆布复合绝缘。并且在嵌线前还应先垫放包扎好转子支架绝缘,其垫放厚度应与转子槽底相平,使转子绕组端部平整地贴到实处。转子绕组端部常用绝缘结构型式如图 4-46 所示。

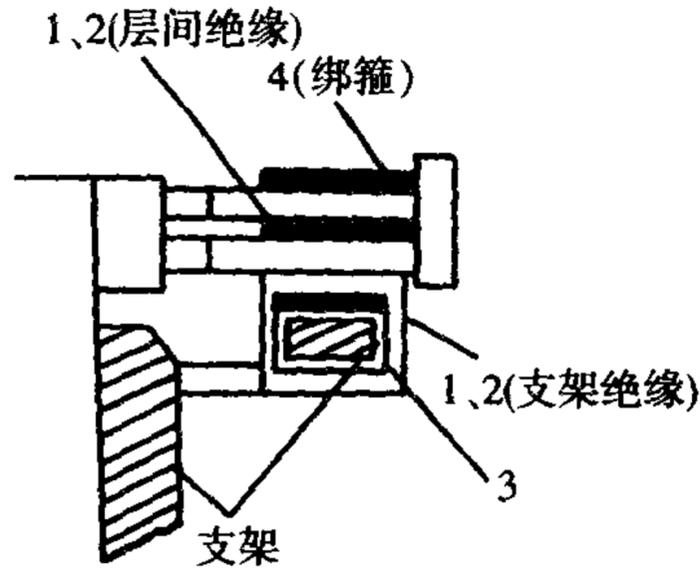


图 4-46 绕组端部绝缘的结构

1,2—无碱玻璃丝带和 0.5 mm 玻璃布板夹云母板 3—
玻璃漆布带 4—无纬胶带或钢丝

3. 绕组的嵌线

绕组嵌线前应仔细清理转子铁芯槽并垫好槽绝缘,定好三相出线槽口、全距、短距、段间跨接线或翻层线圈等的槽号并作相应的标记。绕组嵌线可以从前端(集电环端)开始穿入下层线圈,待下层线圈全部穿入槽中后,即用弯形工具将尚未弯形的一侧端部弯好形,接着垫放和捆扎好层间绝缘。然后从后端(非集电环端)穿入上层线圈,穿线前应放好层间绝缘,在穿第一只上层线圈时,使线圈的直线部分只插入到槽内 1/3 处,以下依次插入后使线圈向前嵌线圈的拐角处靠拢。待全部上层线圈都穿入槽中后,再依次逐渐将线圈推入

到规定位置时止。然后用弯形工具把全部上层线圈端部弯成需要的形状。

4. 绕组的接线

线圈全部嵌入并弯形后,就可进行绕组的接线,接线时按规定接法将上、下层线圈线端用接线铜套并接起来,在上、下层线端间打入挂好锡的铜楔并套上风叶片,应夹紧并头套,使其不得有任何松动。在绕组进行焊接前,还应作一次工频耐压试验,以便发现故障及时修复。

5. 绕组的焊接

绕组接头铜套的焊接随转子运行温度高低,分为银铜焊和锡焊两种。工作温度高的转子可采用银铜焊,其加热方法有氧气-乙炔加热和碳机碰焊加热等,把接头铜套逐个焊接好。一般转子绕组则采用锡焊,通常用电烙铁加热进行焊接。不论采取哪种焊接方法,焊接时均应使热量不致损坏线圈绝缘为准。绕组的零线环、短路环和引出线等一并焊接。

七、磁极线圈的绕制、嵌线与接线

磁极线圈多用于同步电机的转子绕组以作励磁用,因此也称为励磁绕组。该类线圈绕制的技术难度相当大,它是用裸铜扁导线在专用扁绕机上绕制成线圈的,然后在 $600\sim 650^{\circ}\text{C}$ 的退火炉中进行退火处理。经退火后扁裸铜导线变得较为柔软,再放置在四柱油压机上利用专用工具进行冷压整形。冷压整形后在线匝间垫入匝间绝缘,通常匝间绝缘垫环氧酚醛玻璃坯布 $2\sim 4$ 层(各层间接头处应错开)。然后在油压机上施加 $(155\pm 5)^{\circ}\text{C}$ 的热压温度,将磁极线圈热压成一个整体。因此,限于设备和其他条件的原由,一般情况下三相同步电机的扁绕磁极线圈是难以重绕新线圈的。通常都是将旧磁极线圈重换绝缘予以修复。这样就可以节省原材料和缩短电机修理时间,具体修理步骤如下所述。

(1) 拆卸前应将转子磁极编号 每个磁极在磁轭上的位置用钢号码打上数号,以便安装时,保证每个磁极仍安置在原来位置上。用

电烙铁或喷灯熔开极间连接线端。

(2)从磁轭上拆下整个磁极 当磁极是采用燕尾槽固定时应先打出斜键,然后再将磁极拆下。若磁极是用螺钉固定的,则须先凿掉螺帽上的电焊点。然后拆下螺钉后,磁极即可拆离磁轭,再从磁极铁芯上取出磁极线圈。

(3)在 600°C 左右的火势中烧除磁极线圈上的绝缘物 烧前要用细铁丝扎紧磁极线圈的四角,以免烧的过程中线圈散乱而不利于以后修理。

(4)重包绝缘 将烧后线圈导线上的残余绝缘物清除干净,并用硬方木将导线敲平、调直、整理成完整的一卷。接着垫入玻璃漆布或在每线匝用玻璃漆布带半叠包一次,以重包磁极线圈的匝间绝缘。然后用白布带将整个磁极线圈疏包捆紧并进行浸漆处理。

(5)包扎磁极铁芯绝缘 依据原来的绝缘层数、厚度将磁极铁芯包好绝缘,然后将磁极线圈套入原来的磁极铁芯。

(6)磁极线圈的接线 根据磁极线圈拆卸前的记号和顺序,将磁极固定到磁轭原位置上,同时将极间连接线按照“头与头相接、尾与尾相连”的显极接法连接并焊牢。

八、重换绕组后的绝缘处理

三相交流电机在重换绕组后都要进行浸漆烘干的绝缘处理。绕组及绝缘,经绝缘漆浸渍处理后,能极大的提高电机的各项性能及使用寿命,其提高的绝缘性能主要有以下几点。

(1)提高了电机绕组绝缘的耐潮性能 任何绝缘材料在潮湿的空气中都或多或少会吸收一些潮气,对水则更是十分敏感。并且极少量的水分就会引起绝缘材料性能显著的恶化。如果将绝缘材料浸渍在绝缘漆中并予以烘干,我们就能用绝缘漆把绝缘材料内的空隙填满,或者能在绝缘材料表面结成一层光滑的漆膜。这样,水分就很难进入绝缘材料的内部,因而绝缘材料的防潮性能也就得到极大的加强。

(2)提高了电机绝缘的耐热性能 绝缘材料如长期受热都会出现变质,其绝缘电阻或击穿电压值也就随之降低,这种情况称为绝缘材料的老化现象。但绝缘材料经过绝缘漆浸处理后,就能极大的降低绝缘材料的老化速度,提高电机的耐热性能。

(3)提高了电机绝缘的电气和机械性能 电机绕组在未经绝缘处理时,其电气强度和机械强度都很低。经绝缘处理后绕组内部的潮湿、水分都被驱除,绝缘漆也填满了匝间和绝缘层间并相互粘成一个整体。这样就可以避免由于松散导线受强大电流和磁场的影响,产生与绝缘层不断振动而造成绝缘的损伤。

(4)提高绕组的导热性能 由于绝缘层存在着大量的空隙若不经绝缘的浸渍处理,这些空隙就将会充满空气。而空气的导热性能却很不好,故对电机内部热量的散失带来不利影响。因此,必须用浸渍的方法使这些空隙被绝缘漆所填满,从而提高和改善电机绕组整体的导热性能。

(5)提高了绝缘材料的化学稳定性 运行于化工厂、矿井中的电机经常要受到酸、碱、氯、氨等气体的腐蚀作用。因而绝缘材料受这些物质的腐蚀而极易损坏,经绝缘漆浸渍后就防止绝缘材料直接接触这些物质,使其化学稳定性得到很大的提高。

重换绕组后的绝缘漆浸渍处理主要有三个过程,即预先干燥(预烘);浸漆处理;浸漆后干燥,先将这些处理过程简述如下。

①预先干燥 预先干燥的目的就是为了驱除铁芯、绕组、绝缘材料中所含的潮湿和水分。预先干燥时最应注意和掌握的是干燥温度和干燥时间。干燥温度随电机的耐热等级和绝缘材料的干燥性能而定,根据实际经验预先干燥温度可按下式选择:

$$\text{预先干燥温度} = \text{绝缘标准耐热温度} + (10 \sim 20^{\circ}\text{C})$$

如果采用超过标准耐热温度 20°C 以上的预烘温度,则绝缘的老化速度将会加快,这是不能允许的。另外,预烘时要注意温度是否均匀,否则会造成电机铁芯和绕组局部过热现象的发生,这也是十分危险的。如遇到这种情况则可以把干燥时间缩短一些,通常重换绕组

浸漆前的预烘时间一般为 4 h。

②浸漆处理 重换绕组在经过预烘阶段后,待其冷却到 50~70℃时就可以进行浸漆。在这个温度范围内浸漆是因为当温度低于 50℃时漆对冷的物件渗透能力较小;而当温度高于 70℃时有可能引起漆在绕组外表很快结成膜,该膜反而会阻碍漆对绕组的渗入,并且还将引起漆的老化和溶剂的强烈挥发。所以,掌握在 50~70℃这个最佳温度区浸渍是极为理想的。

电机绕组浸渍时,绝缘漆的漆面应高于电机顶部 100 mm 以上,待漆槽中气泡停止 10~20 min 后再将电机吊起滴干余漆。滴干余漆的时间要随漆的黏度和电机大小而定,一般为 15~30 min。没有滴干漆的电机其干燥就要费很多时间。滴干余漆后,绕组以外的其余部分余漆也应仔细揩干净,特别是定子铁芯内圆要用粘有少量汽油、甲苯或松节油等溶剂的布揩净。

③浸漆后烘干 滴干余漆后的电动机按表 4-23 中规定的干燥度、干燥温度、干燥时间分两个阶段进行烘干。应特别注意的第一阶段的温度不得过高,以防止漆液因温度过高外溢而影响绕组浸渍质量。

电机绕组的绝缘处理应根据其绝缘结构、耐热等级、容量大小和设备条件等因素,去选择适当的浸渍漆、溶剂和工艺等。

表 4-23 E 级绝缘绕组浸漆(1032 漆)与烘干工艺

工序	工艺过程	温度/℃	烘烤时间	绝缘电阻	注意事项
1	预烘	125~5	4 h	20 MΩ 以上	
2	第一次浸漆	绕组 60~70	不冒气泡后 15~20 min		立式浸渍,将绕组全部浸入绝缘漆液中
3	滴漆		30 min		滴干后,应将铁芯和其他部分的余漆用布蘸溶剂揩干净

续 表

工序	工艺过程	温度/°C	烘烤时间	绝缘电阻	注意事项
4	烘干	70~80 135±5	2~3 h 16~20 h	6 MΩ 以上	
5	第二次 浸漆	绕组 60~70	不冒气 泡为止		
6	滴漆		30~60 min		同第一次浸漆时的滴漆
7	第二次 烘干	70~80 135~±5	2~3 h 12 h	10 MΩ 以上	烘干时间和要求以绝缘电阻稳定为准,烘干后应待绕组逐渐冷却后取出

第五章 同步电机

第一节 同步电机的结构及原理

同步电机是交流电机的一种,它主要用作发电机。在现代电力工业中,无论是火力发电、水力发电、柴油机发电或原子能发电,几乎全部采用同步发电机。

同步电机除主要用作发电机外,它还作为同步电动机广泛应用于拖动不要求调速和功率较大的机械设备中,如压缩机、鼓风机、工业泵、轧钢机和交流机组等。

同步电机还被用作同步调相机,向电网输送电容性或电感性的无功功率,以提高电网经济效率和电压的稳定性。

因此,同步电机在国民经济各领域中占有极其重要的作用。被广泛应用于发电、采矿、运输和机械制造等许多部门。

我们知道,电机是一种机械能与电能相互转换的电磁机械。其作用原理都是依据电工学的两条基本定则,即发电机右手定则(感应电动势、磁场与导体运动方向三者之间的相互关系)与电动机左手定则。这两条定则是所有电机进行能量转换时的基本条件,也就是说电机必须具有构成相对运动的两大功能部件,即一个是提供励磁磁场的部件;另一个则是流过工作电流的被感应部件。

同步电机进行机械能与电能转换的过程是可逆的,从理论上讲每一台同步电机只要改变其运动方式,就既可以作同步发电机使用而也可以作电动机运行。但在实用中由于对发电机和电动机的参数与性能所提出的要求是不同的,因此同一台电机在改变其运动状态后,其参数与性能往往难以完全满足新条件下电机的运行需要。只

有重新经过专门设计,变换运行方式后的同步电机才能正常的运行。

同步电机与异步电机的最大区别在于其转速 $n(\text{r/min})$ 与电流频率 $f(\text{Hz})$ 之间有着严格的关系,即:

$$n = \frac{60f}{p}$$

式中 p ——电机的极对数。

下面将分别简述同步发电机、同步电动机的基本工作原理、结构和类型。

一、同步发电机的工作原理

交流同步发电机是根据电磁感应原理制成的。即根据导体在磁场中切割磁感线而产生感应电动势的原理而制造。图 5-1 所示为同步发电机原理示意图,从图中可以看到,线圈 $ab-cd$ 在永久磁铁或电磁铁内作顺时针旋转时,线圈的 ab 边和 cd 边将会不断地切割磁感线,线圈也就会产生大小和方向按周期变化的交变电动势。这个交变电动势和气隙中的磁通密度成正比,而气隙中的磁通密度则是按正弦规律来分布的,因此线圈中感应的交变电动势也是按正弦规律变化的。如果用电刷和滑环将这个线圈和外电路连接起来,外电路就会有正弦交流电流过。

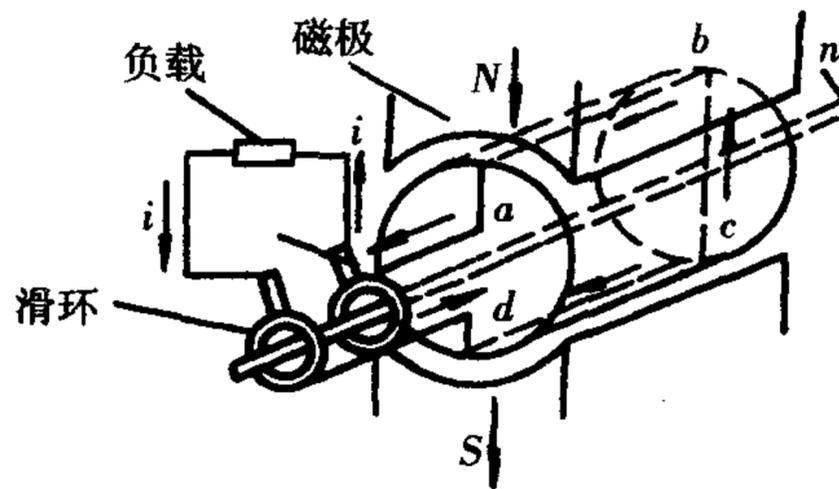


图 5-1 同步发电机原理示意图

为了获得较大的感应电势,根据公式:

$$E = Blvsina$$

可知只有在增强磁感应强度 B 、加长切割磁感线的导体有效长度 l 和增大导体切割磁感线的速度 v 的情况下,才能得到较大的感应电动势。

在实际应用的发电机内线圈是绕在铁芯上的,其磁场一般也是用线圈励磁的电磁铁来形成的。这时磁感应强度 B 增强了;线圈也由一匝改为许多匝联在一起,从而使切割磁感线的导体 l 增长了;并且线圈旋转得也更快了,致使导体以很高的速度 v 切割磁感线。

通常将绕在铁芯上用来产生感应电动势的线圈叫做电枢,而将形成磁场的永久磁铁和电磁铁称作磁场。当发电机的磁场不动而电枢转动时,称为旋转电枢式发电机。如果将磁场放在电枢中间,使磁场旋转而电枢不动,则这种发电机就称作旋转磁场式发电机。

图 5-2 所示为旋转电枢式发电机示意图,这种发电机的额定电压都不高(一般均不超过 500 V),主要原因是:电枢线圈的电流必须通过滑环与电刷接入外电路,而当滑环间的电压(也即电刷间的电压)很高时,容易因打火而引发火灾;并且由于电枢所占的空间有限,而线圈匝数增多会导致绝缘层加厚而限制了电枢电压的增高;当电机高速旋转时,由于振动和离心现象使电枢极易损坏;同时,电枢的构造比较复杂,因此制造成本高、销售价格贵。因而采用这种设计的同步发电机极少,只偶尔在小功率同步发电机中才能看到。

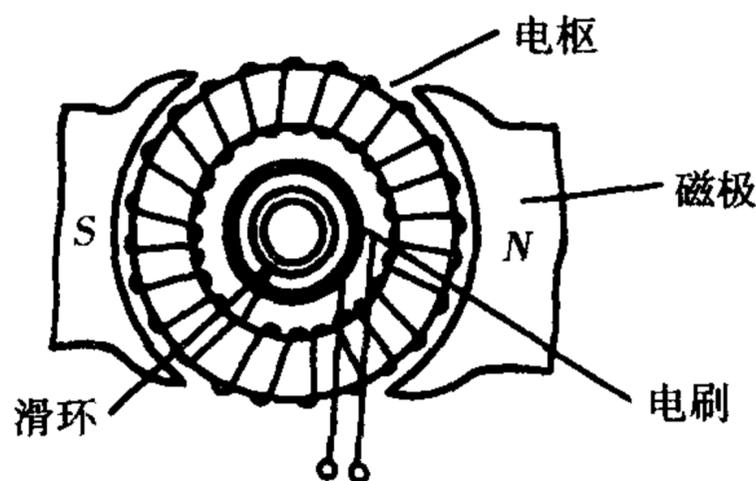


图 5-2 旋转电枢式同步发电机示意图

旋转磁场式同步发电机则如图 5-3 所示,这种结构的同步发电机可以避免旋转电枢式发电机所存在的主要缺点,能够获得极好的

运行特性和优良的性能价格比,并且还可以将发电机的容量和电压提高很多。由于磁场励磁线圈所需要的电压均在 250 V 以下,故其构造和绝缘要求都比电枢要简单得多。在这种旋转磁场式发电机转子铁芯上每极都绕有励磁线圈,励磁所需要的直流电由直流电源经过滑环与电刷供给。当同步发电机转子在原动机的拖动下旋转时,它的磁场也将随着一起转动,这时磁场(即磁感线)将切割嵌置在定子槽中的绕组(即电枢),从而在定子绕组内产生感应电动势。而这个感应电动势最高却可达到 35 000 V,所以大型同步发电机均采用旋转磁场式。

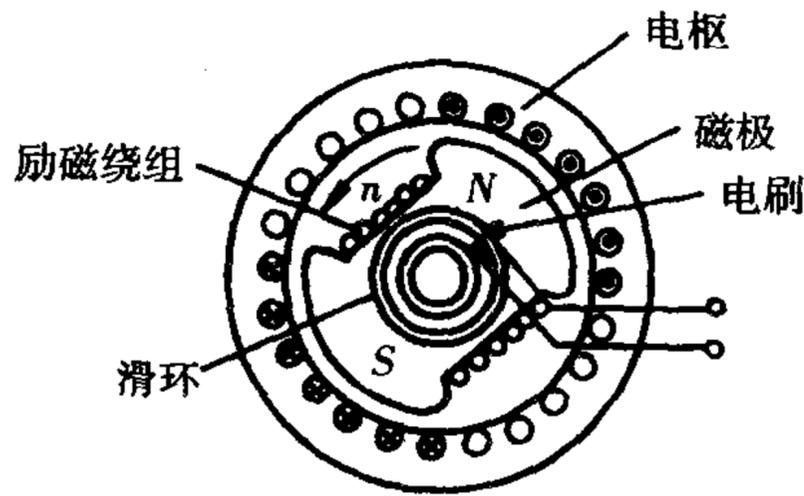


图 5-3 旋转磁场式同步发电机示意图

二、同步发电机的结构

同步发电机可以是三相的,也可以是单相的。其结构则有旋转电枢式和旋转磁场式两大类,下面将分别简述它们的结构。

1. 旋转电枢式同步发电机的结构

小型旋转电枢式同步发电机的结构如图 5-4 所示,从图中我们可以看出,其电枢铁芯与直流发电机极为相似,也是由硅钢片冲槽后叠装而成。在这些槽内嵌放的绕组占大部分的是交流绕组,另外小部分的则为直流绕组。在绕组之间以及绕组与铁芯间均应衬绝缘,交流绕组与滑环连接,直流绕组则与换向器连接。这种发电机的磁场也与直流发电机相似,通常磁轭是一个由低碳钢制成的圆形外壳,磁极则由低碳钢或硅钢片制成。磁极上面励磁线圈的励磁电流

则由从换向器引出的直流电来供给。

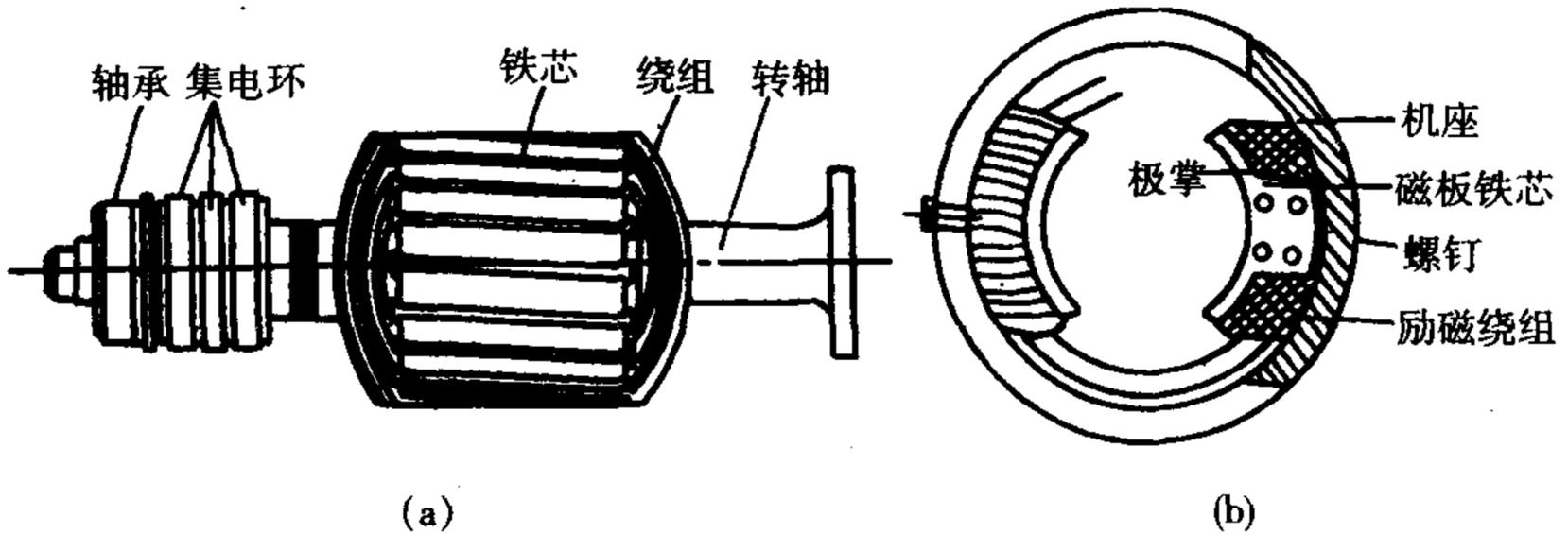


图 5-4 旋转电枢式同步发电机结构图

a. 电枢 b. 定子

2. 旋转磁场式同步发电机的结构

旋转磁场式同步发电机根据其转子结构的不同分为凸极和隐极两种结构形式。图 5-3 所示为凸极旋转磁场式同步发电机,这种发电机的定子铁芯是由硅钢片冲成的叠片压装而成,在铁芯槽内嵌放有绕组,硅钢片的外面是一个由铸钢或铸铁制成的外壳(也有用钢板焊接而成的)。在靠近外壳处开有径向通风孔,在叠片间相隔一定的距离,还设置有部分幅向的通风孔。凸极同步发电机的转子常具有很多的磁极,每一个磁极均用鸠尾形楔榫紧固在铸钢的轴幅上。在小型同步发电机中,也有用螺钉固定磁极的。在转子转轴的一端,还装置有引进励磁电流的滑环。

隐极式同步发电机的转子,在构造上有整块式和组合式两种。通常在发电机转速不高的情况下,转子材料多用含硫、磷很低的普通碳钢制成;而在转速较高的情况下,则需要用铬、镍、钼合金钢制成。转子槽采用铣刀铣出,槽形则如图 5-5 所示,分为辐射式和平行式两种,辐射式的应用比较多些。转子上没有槽的部分称为大齿,同步发电机的磁通大部分均通过大齿,从而使它成为磁极。

三、同步发电机的型号

中小型同步发电机有很多不同型式,如按相数可分为三相和单

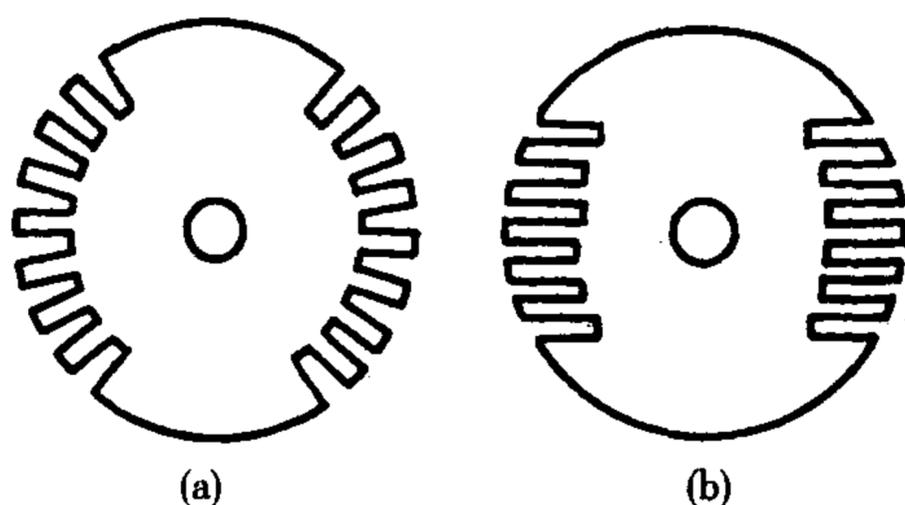


图 5-5 隐极同步发电机转子槽形

a. 辐射式 b. 平行式

相；按磁极和电枢的相对位置，又可分为旋转电枢式及旋转磁场式；按磁路构造又可分为凸极式、隐极式、爪极式；按拖动发电机的原动机来划分，可分为水轮发电机、汽轮发电机、柴油发电机及汽油发电机等。

由于中小型同步发电机具有结构简单、维护方便、性能优异、运行可靠等一系列优点，在其与柴油机配套成发电机组或移动电站后，就被广泛应用于城镇、农村、建筑、地质、矿山、医院及电讯等国民经济的各部门。

根据同步发电机的产品型号，一般来说应能区别产品的性能、用途和结构特征等。我国同步发电机的产品型号，仍是以汉语拼音大写字母和阿拉伯数字组成。中小型同步发电机的型号，通常包括以下几部分内容：

1. 产品代号

根据标准规定，同步发电机的产品代号为 TF，在紧跟 TF 之后还可以加上表示结构特点的字母，如表示单相的 D（无 D 标示即为三相发电机），W 则表示采用无刷励磁装置等。

2. 中心高度

均用数字表示，单位为 mm。

3. 机座长度

用字母表示，例如 M 表示中机座；L 表示长机座；S 表示短

机座。

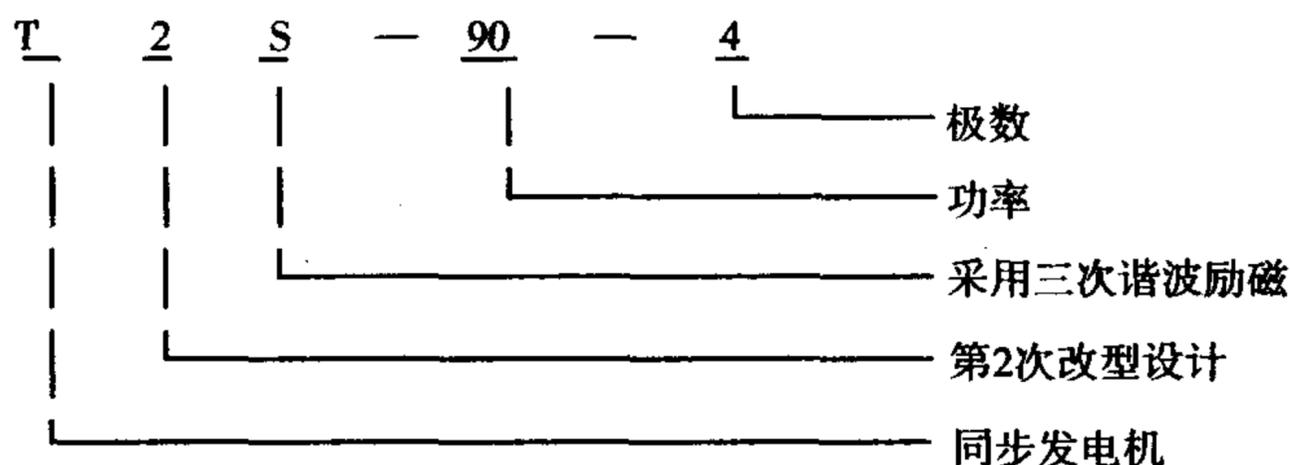
4. 铁芯长度

以数字来表示,为铁芯的号数,如 2 即指铁芯的长度是 2 号。

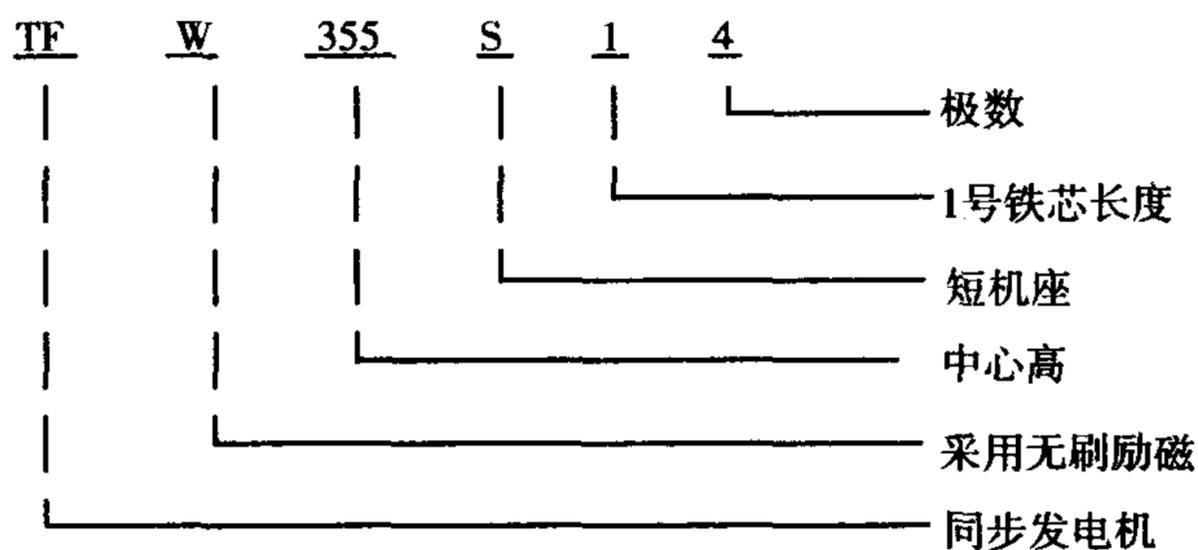
5. 极数

用数字表示,指电机磁极的个数,如 4 即为 4 个极(也就是 2 对极)。

6. 型号说明



T2 系列小型有刷自励恒压三相同步发电机是目前国内常用的基本系列发电机,这种发电机的励磁方式有三次谐波励磁、相复励磁和可控硅励磁三种,分别用字母 S、X 和 K 来表示,并且标注在产品代号 T2 的后面,在代号之后其他规格的表达法与标准型号相同。



TFW 系列无刷三相同步发电机是在 T2 系列发电机基础上发展起来的换代产品。TFW 系列与 T2 系列发电机比较,它具有以下一些优点:

(1)采用了省去电刷、集电环或换向器等部件的无刷励磁结构,减少了对发电机的繁琐维护,并提高了发电机的运行可靠性。

(2)增加了转速范围,从 T2 系列唯一的转速 1 500 r/min 基础上,新增加了 1 000 r/min 和 750 r/min 两种转速,以便于与不同转速的柴油机配套。

(3)扩大了功率等级,全系列从 180~355 共有 6 个机座号,其规格也由 T2 系列的 15 个增加到 27 个规格,提供了更多的选择。

(4)提高了发电机的稳态电压调整率,已达到 $\pm 2.5\% \sim \pm 1\%$ 。

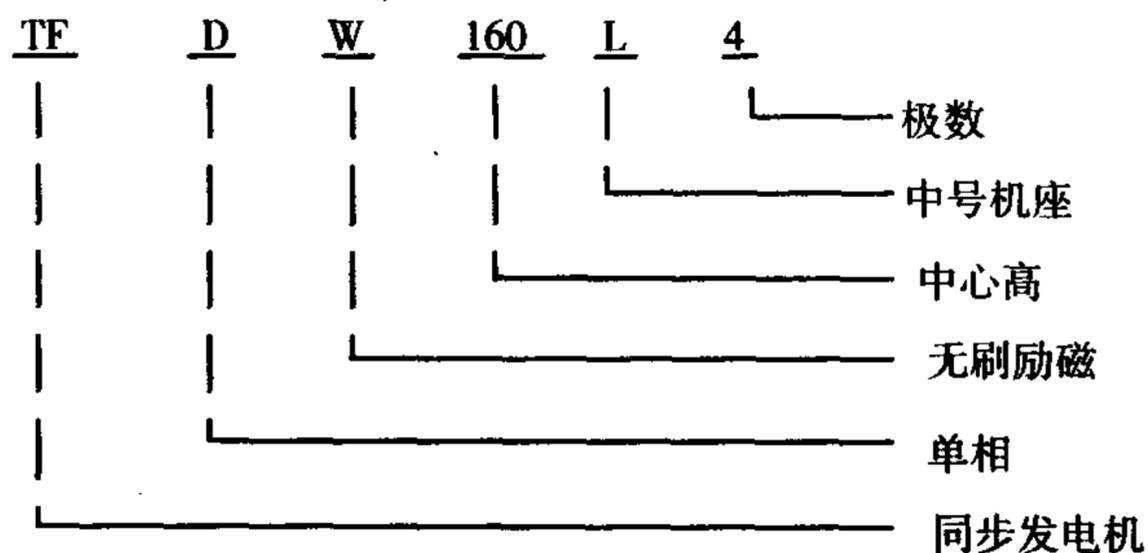
(5)增设了阻尼绕组,从而极大地提高了系统稳定性和可靠性,并且既改善了发电机并联运行性能,又抑制发电机的瞬时过电压和转子回路的过电压。

(6)励磁系统的过载能力加大,一般在稳态短路情况下,它能使发电机维持 3 倍额定电流达 3 s 之久。

(7)电压波形比较好,空载电压波形畸变率不大于 5%。

(8)动态性能好,发电机在空载额定电压 U_N 和额定转速时,突加 60% 额定电流的三相负载(功率因数不超过 0.4 滞后),当稳定后再突然甩掉此负载,其电压变化则在 $(85\% \sim 120\%)U_N$ 的范围内。从突然加载到突然甩掉负载瞬间,其电压恢复至 $(1\% \sim 3\%)U_N$ 所需时间将不超过 1 s。

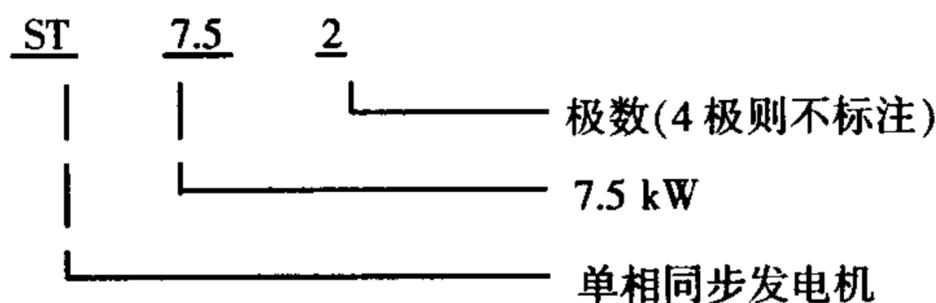
(9)型号举例。



单相同步发电机一般均在三相同步发电机基础上派生设计而成,通常多为隐极式。其定子上嵌置有两套绕组,主绕组占 2/3 槽数,辅助绕组占 1/3 槽数。单相同步发电机的效率、稳态电压调整率和波形畸变等电气性能均不及三相同步发电机,所以单相同步发电

机的功率都比较小,否则其经济性能将会很差。

(10)型号举例



ST 系列小型单相同步发电机多与小型汽油机(或柴油机)配套组成小型单相交流发电机组,被广泛应用于小型船舶、城镇和农村家庭中。它具有体积轻巧、使用简单、运行可靠等优点。

四、同步发电机的铭牌数据

发电机的铭牌是电机制造厂向用户介绍该台发电机的特点和额定运行数据用的。铭牌上标出的额定值及内容在选配、使用和维护发电机方面都是非常重要的,故应注意很好地去理解和掌握这些数据,下面将简介同步发电机铭牌上常见的内容和额定值。

1. 型号

同步发电机的型号,一般来说应能区别产品的性能、用途和结构特征等,如前所述。

2. 相数

同步发电机主要为三相或单相。

3. 额定功率

指发电机在额定运行条件下所输出的电功率。有的发电机用有功功率(单位 kW)表示,也有的用视在功率(单位 kVA)表示。

4. 额定电压

指发电机长期正常运行时的最高工作电压,通常规定的是指定子绕组的线电压(单位 V 或 kV)。

5. 额定电流

指发电机长期正常运行时,且温升在额定范围内,可输出的最大电流,单位为 A。

6. 额定频率

指发电机长期正常运行时所发出交流电的频率,单位为 Hz。我国规定的额定工业频率为 50 Hz。

7. 额定转速

指发电机转子在额定条件下正常运行时的转速,单位为 r/min。当同步发电机在一定的极数下以规定的频率运行时,其转子的转速就是同步转速 n_1 ,即:

$$n_1 = \frac{60f_c}{p}$$

8. 额定效率

指发电机在额定工作状态下运行时的效率。

9. 额定功率因数

指发电机在额定功率输出时,其定子绕组中相电流和相电压之间相角差的余弦值。一般规定发电机额定功率因数为 0.8,但在大型发电机中额定功率因数也有规定为 0.85 或 0.9 的。

10. 额定温升

指发电机长期正常运行时,电机某部分的最高温度与规定入口处风温的差值。由于发电机在运行中其绝缘材料会逐渐老化,而对绝缘老化影响最大的就是绝缘材料所处的温度。绝缘材料受热后所受温度愈高则老化愈快、寿命愈短。因此,必须严格规定发电机的允许温度和额定温升,使之不超过允许值,以保证发电机能安全正常运行而不致影响使用寿命。

11. 额定励磁电压

指发电机正常发电时,其励磁绕组两端应保证的电压值。

12. 额定励磁电流

指发电机正常发电时,进入其励磁绕组内电流的保证值。

13. 额定励磁功率

指发电机正常满负载发电时,应提供其励磁绕组足够的励磁功率。

14. 绝缘等级

规定以发电机所使用的绝缘材料耐热等级作为发电机的绝缘等级。同步发电机常用的绝缘材料有 E 级、B 级、F 级,其允许温度依次分别为 115°C 、 130°C 、 155°C 。

五、同步电动机概述

从上面我们已经知道同步电机具有可逆性,就是说一台同步电机既可作发电机使用又可作同步电动机运行。因此,同步电机不论是同步发电机还是同步电动机其结构都是完全相同的,下面将简述同步电动机的工作原理、结构、型号及用途。

1. 三相同步电动机的工作原理

同步电动机的工作原理如图 5-6 所示,在该图(a)中的 N 极下有一根接入电流的导体,其电流方向为从书内流向读者,根据电动机左手定则可知该导体的运动方向是由左向右。假设这根导体在固定磁极下所通过的是交变电流,则将会因下半周时电流的方向相反,从而使导体受到反方向的力,因此在交变电流的整个周期中导体所受的合成力矩为零,故电动机不能转动。如果电机的磁极由直流电产

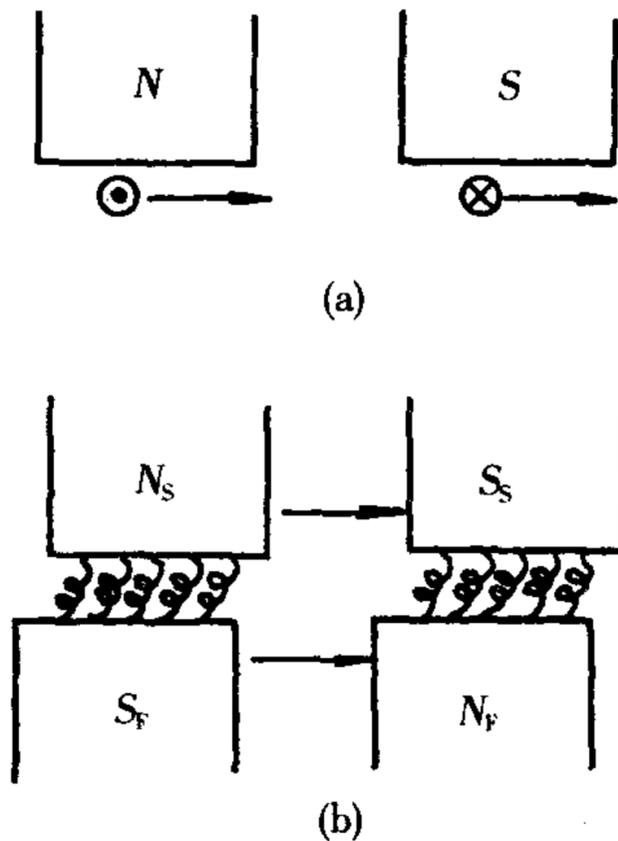


图 5-6 同步电动机的工作原理

a. 根据电动机左手定则 b. 根据异性磁极间的吸力

生固定的极性,同时在电枢绕组中引入交变电流,此时我们发现仍不能使电动机转动,这也就是说同步电动机它本身不具有启动转矩。

假如我们设法把该导体在 N 极下顺着作用力方向推动,并且使导体在进入 S 极下的时候,恰好改变其电流方向,那么在 S 极下作用力的方向可保持不变,这就是同步电动机工作时的情形。当导体以这样每半周转一磁极的速率向前移动时,导体与磁场间就可连续产生方向不变的电磁力矩。

同步电动机的运行,也可以理解为是由于经定子电流产生的旋转磁场和转子磁极间的吸力所致,如图 5-6(b)所示, N_s 、 S_s 表示交变电流在定子绕组中所产生的旋转磁场,当转子以同步的速率转动时,这些定子旋转磁场的磁极和转子上异性磁极 N_F 、 S_F 间的吸力,可以使转子被定子旋转磁场拖着保持同步的转速而旋转。

三相同步电动机具有定子对称的三相绕组,它的转子则是由与

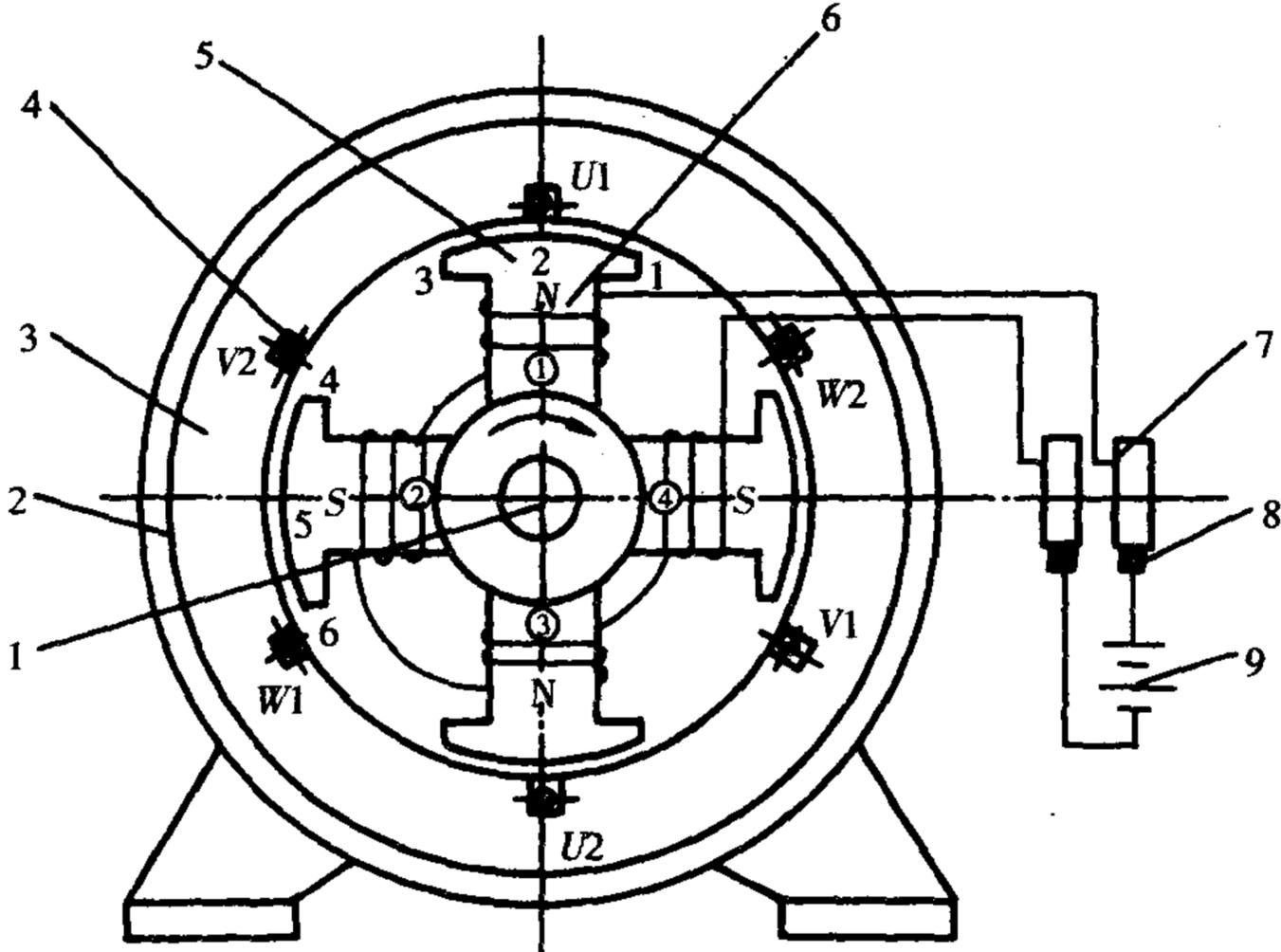


图 5-7 三相 4 极同步电动机的结构示意图

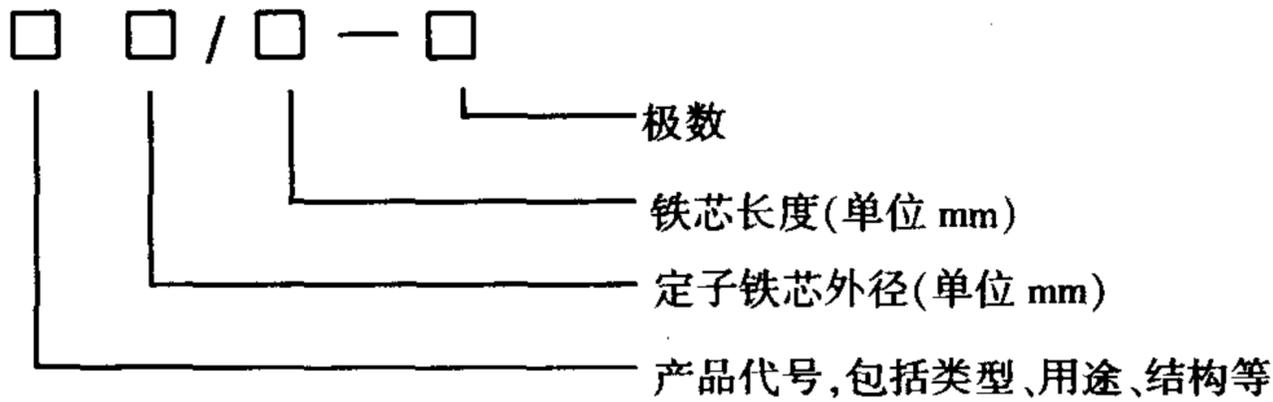
- 1—转轴 2—机座 3—定子铁芯 4—定子绕组 5—磁极铁芯
6—磁极绕组 7—集电环 8—电刷 9—直流电源

定子绕组有相同极数的固定极性磁极组成,该固定极性磁极是由接入磁极励磁绕组中的直流电流所产生的,图 5-7 所示即为一台三相 4 极同步电动机的结构示意图。当该电机定子上的对称三相绕组流过对称三相电流时,就会在电动机的气隙中产生一个与转子同极数的旋转磁场,旋转磁场的磁极将根据异磁极相吸的原理吸引转子磁极以相同的同步转速旋转。

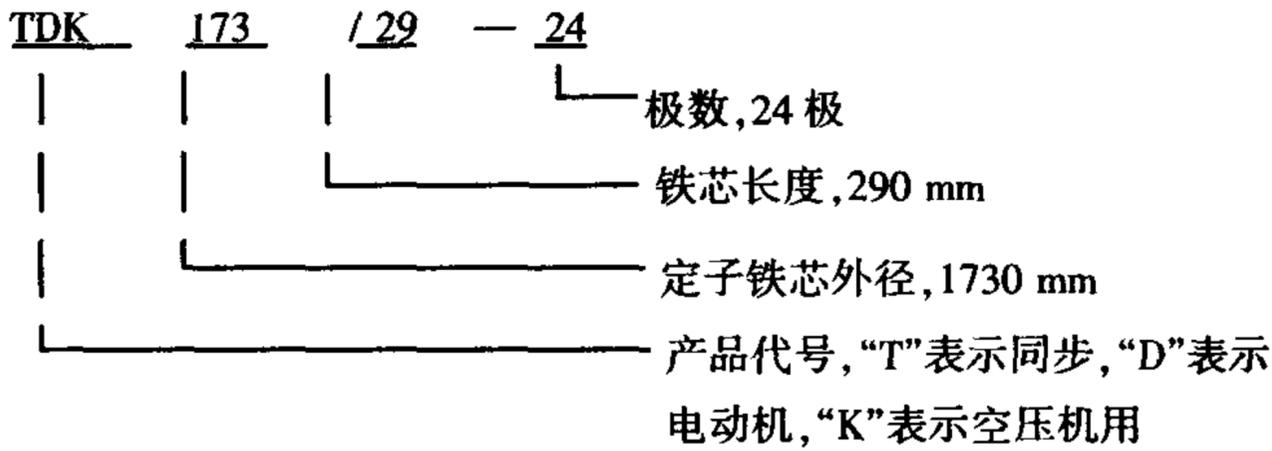
2. 三相同步电动机的型号、结构和用途

三相同步电动机的型号、结构及用途简介如下。

(1) 产品型号说明



例如:



其含义是:空压机用同步电动机,24 极,定子铁芯外径为 1730 mm,铁芯长度为 290 mm。

(2) 结构和用途

常用三相同步电动机的结构和用途如表 5-1 所示。

表 5-1 三相同步电动机的结构和用途

名称	型号	型号含义	结构型式	用途
TD 系列同步电动机	TD	同、动	防护式、卧式结构,单(双)轴伸、直流励磁机或可控硅励磁装置	通风机、水泵、电动发电机组等
TDK 系列同步电动机	TDK	同、动、压	一般为开启式,必要时制成防爆安全型或管道通风型,可控硅励磁装置	空压机、棒磨机、磨煤机等
TDQ 系列球磨机用同步电动机(包括老系列 CTZ)	TDQ	同、动、磨	开启式、自冷通风、卧式结构,设有两个轴承座及整块电机座架,用直流发电机励磁或可控硅励磁	球磨机、棒磨机、磨煤机等
TDZ 系列轧钢机用同步电动机(包括老系列 TZ)	TDZ	同、动、轧	一般为管道通风卧式结构,直流发电机励磁或可控硅励磁	拖动各种类型轧钢设备
TDG 系列高速同步电动机	TDG	同、动、高	封闭式轴向分区通风隐极结构、异步启动,直流发电机或可控硅励磁	化工、冶金或电力部门拖动空式机、水泵等用
TDL 系列立式同步电动机	TDL	同、动、立	立式、开启式自冷通风、悬吊式结构、单独励磁机用异步电动机拖动	拖动立式轴承泵或离心式水泵
TT 系列同步调相机	TT	同、调	卧式、户内、全封闭式气体闭路循环冷却结构	改善电网功率因数,调整电网电压

三相同步电动机由于具有在电源电压波动或负载转矩变化时,仍可保持其转速恒定不变的良好特性,因而被广泛用来驱动不要求调速和功率较大的机械设备中。如轧钢机、透平压缩机、鼓风机、各种泵和变流机组等;或者用于驱动功率虽不大但转速较低的各种磨机和往复式压缩机;还可用于驱动大型船舶的推进器等。近年来,由

于可控硅变频装置的技术日渐成熟和大型化,使同步电动机能够通过变频而作调速运行。因此,在一定的控制方式下,三相同步电动机的运行特性与他励式直流电动机的工作特性相近,从而更扩大了它的使用范围。

第二节 同步发电机的维修

一、同步发电机的日常维护

为了确保发电机的安全可靠运行,并及时发现和排除发电机的异常情况,预防事故的发生,必须制定发电机的维护规程制度,进行日常的维护检查工作。日常维护检查的主要内容如下。

1. 监视各仪表指示是否正常

配电盘、控制盘及发电机本身所设的各类仪表,能正确地反映发电机的运行状态。若仪表指示超过规定范围(除仪表本身有问题外),说明发电机运行不正常。因此,通过监视和记录仪表的指示值,可以发现发电机的异常情况,以便及时采取措施加以排除。

发电机监视仪表,除电流表、电压表、频率表、功率因数表、功率表、电度表、励磁电压表和励磁电流表等外,还有监测定子绕组、铁芯、轴承等的温度及进、出风温度表。发电机正常运行时,要求各指示仪表的指示值不得超过规定范围,各部分的温度不得超过极限值,以防止绝缘过早老化而缩短发电机的使用寿命。

2. 检查主回路、二次回路、控制回路及励磁调节器等是否正常 重点检查以下内容:

- (1)主回路的导线有无过热现象。
- (2)二次回路以及控制、保护回路有无异常情况。
- (3)励磁调节器有无异常情况。

3. 监听和观察发电机运行有无异常现象

利用人的五官检查发电机有无异常声响、摩擦、放电、火花、高

温、焦臭及其他情况。如有异常,应及时停机检查,排除故障。

4. 检查滑环、电刷与电刷架

(1)运行中发电机的滑环应定时巡视检查,一般检查项目如下:

①电刷是否有冒火花的现象;

②电刷是否有振动,与滑环接触是否良好;

③电刷长度是否过短;

④电刷的刷辫连接是否良好,有无断股过热情况,对机壳有无碰连或距离过小;

⑤电刷在刷握内有无卡涩和摇动情况,电刷在刷握内应能上下自由活动,但又不能摆动过大;

⑥电刷的压力是否合适和均匀,电流分配是否均匀(可通过检查电刷和刷辫的温度差异来鉴别);

⑦滑环表面是否光亮,有无磨损、不平整的情况,刷握、刷架和滑环的边缘是否清洁。若有油污或积存的电刷粉末,应及时清除干净。

(2)每周用压缩空气或吸尘器对滑环进行一次除尘。在每次停机后,也应清洁滑环。如有油污,在停机后,可用干净的抹布浸沾汽油或四氯化碳擦除,擦拭前后应测量励磁回路的绝缘电阻。

(3)如发现个别电刷下面有轻微火花,可适当调整电刷压力,通过改善与滑环的接触状况来消除。如发现所有电刷下面均有火花,则应检查滑环表面状况,如果滑环表面有烧损、不平整现象,可用0号细砂布对滑环进行仔细研磨,否则会使滑环表面粗糙,火花更加严重。

(4)当电刷磨损到约为原长的 $1/3$ 时应更换。新电刷换上前必须仔细研磨,使其接触面与滑环表面吻合良好。

(5)调整电刷压力,电刷压力不宜过紧或过松。压力过紧或不匀,易引起电刷的电流分配不匀。电刷压力一般以 $15\sim 25\text{ kPa}$ 为宜(可用弹簧秤进行校验)。

5. 检查轴承的温度、振动和声响等

(1)检查轴承的温度

轴承的最高温度,以滚动轴承不得超过 100℃、滑动轴承不得超过 80℃为宜。如果轴承发热超过正常温度,应进一步检查润滑油或润滑脂是否合适;滑动轴承的油位是否正常,油流是否畅通;带油环的滑动轴承的油环是否在转动,是否带油;强制循环润滑的滑动轴承的入口油温是否过高(正常油温一般保持在 40~45℃范围内);润滑油或润滑脂是否清洁;轴承脂是否加得过满;轴的安装是否完全水平,轴中心是否不正,振动是否过大。

(2) 检查轴承是否漏油

每次注油或补充油时,要将轴承擦拭干净。此外,每天还要对不经常加油的轴承擦拭一次。检查轴承盖、轴承放油门等是否封闭严密。

为了防止强制循环润滑的滑动轴承向外喷油或洒油,可采取以下措施:

- ① 适当调整进油压力。
- ② 检查油管内油流动的情况。如有带涩不畅或堵塞现象,会使轴承中的油压增高而产生漏油。
- ③ 油挡间隙可与轴直径成比例的减小到 0.05~0.15 mm。
- ④ 适当调整轴承外壳与纬带之间的间隙,使之紧密。

(3) 检查轴承的振动

轴承振动的允许值(二倍振幅)见表 5-2。轴承振动的测量应从垂直、水平轴和水平横向三个方面进行。

表 5-2 轴承振动的允许值

转速/(r/min)	振动允许值/mm	转速/(r/min)	振动允许值/mm
3000	0.05	750	0.12
1500	0.07	600	0.16
1000	0.10	500	0.20

如果轴承振动超过允许值,则应检查轴承是否过度磨损。若过度磨损,应尽快更换,否则会进一步恶化,危害发电机。另外,对于强制循环润滑的滑动轴承,应检查入口油温是否太低(如低于 35℃),

以免使油膜黏性过大而引起振动。

(4) 检查轴承间隙

滑动轴承的允许间隙是根据轴的直径和转速而规定的,见表 5-3。如间隙超过允许值,则应重浇轴瓦的钨金。

表 5-3 滑动轴承允许间隙

转速/ (r/min)	750 以下			1000 及以上		
	30~50	50~80	80~120	30~50	50~80	80~120
轴的直 径/mm	30~50	50~80	80~120	30~50	50~80	80~120
两面的 间隙/mm	0.10~0.15	0.15	0.15~0.20	0.15	0.15	0.20~0.25

(5) 检查及更换轴承的润滑油或润滑脂

对于油杯润滑的滑动轴承,在注油前必须先打开监视孔观察,注入油面至监视孔处即可。如有油位指示计,则注入到轴承中的油位正常标线上即可。对于强制循环润滑的滑动轴承,油箱内的油位至正常标线上即可。

滚动轴承润滑脂的添加与更换,与三相异步电动机的相同。

6. 测量发电机绕组对地的绝缘电阻

具体操作方法如下:

(1) 发电机每次启动之前及停机后,应测量定子绕组和转子绕组的绝缘电阻。

(2) 测量转子绕组的绝缘电阻其阻值一般不应低于 $0.5 \text{ M}\Omega$ 。

(3) 测量定子绕组的绝缘电阻。对于 500 V 以下的低压发电机,用 500 V 兆欧表测量;对于高压发电机,用 $1000 \sim 2500 \text{ V}$ 兆欧表测量。定子绕组的绝缘电阻不作硬性规定,但与制造厂出厂的试验值或以前测量的结果比较不应有明显的降低,如低到以前所测值的 $1/3 \sim 1/5$ 时,表明绝缘可能受潮、表面污脏或有其他缺陷,应查明原

因并进行消除。

根据一般经验,当绝缘吸收比 $R_{60}/R_{15} > 1.3$ 时,可认为绝缘是干燥的,而当 $R_{60}/R_{15} < 1.3$ 时,则认为绝缘受潮,应进行干燥处理。

7. 励磁装置的维护

励磁装置的性能直接影响发电机的运行状态。若励磁装置工作不正常,则发电机也不能正常发电,甚至要停机。因此,做好励磁装置的维护检修工作十分重要。电站运行人员应定期对运行中的励磁装置进行检查和维护。

(1) 自动励磁装置的日常维护要点

对自动励磁装置进行日常维护时,应注意以下几个方面:

- ① 检查励磁装置是否有发热的情况。
- ② 清扫励磁装置表面的灰尘。
- ③ 检查接触点是否可靠,各焊接点是否牢固。
- ④ 检查励磁装置操作、调节是否灵活。
- ⑤ 检查硅及晶闸管元件等是否过热,风机运行是否正常。
- ⑥ 用 500 V 兆欧表测量回路的绝缘电阻,应不小于 $1\text{ M}\Omega$ 。测量时要注意,先将触发板等插件拔取,将硅及晶闸管等电子元件用导线短接,然后再进行测量,以免损坏这些电子元件。
- ⑦ 在正常运行条件下,运行人员每班至少巡视一次。
- ⑧ 测试励磁装置有关的电压和波形及工作特性曲线,一般每年至少一次,必要时进行调整,使装置达到良好的性能状态。

使用励磁装置时应注意以下事项:

① 若由于电网系统故障而引起发电机电压降低,则励磁装置进行强行励磁时,1 min 内严禁操作调节器。

② 在运行中当自动励磁装置发生下列故障之一时,应立即切除自动励磁装置,而利用磁场变阻器来调节励磁,并报调度员和通知电气人员检修。

③ 调节器输出电流突然增大或减小,发电机无功负荷增加或减少;

⑥ 调节器输出电流消失；

⑦ 调节器输出电流增大到最大值，而发电机励磁消失。

(2) 复式励磁装置与电磁型电压调整器的日常维护要点

对复式励磁装置与电磁型电压调整器进行日常维护时，应注意以下几点：

① 清扫装置面上的灰尘。

② 检查各元件及全部回路的绝缘电阻。

③ 检查装置各部分的接线，焊接点是否牢固可靠，绝缘导线是否有机机械损伤。

④ 检查自耦变压器及复励变阻器的机械部分是否良好，滑动刷子是否完整，接触是否良好，各操作开关动作是否可靠。

⑤ 检查并试验整流器。

⑥ 录制电压校正器的输出特性。

⑦ 进行强行励磁与强行减磁装置的整组动作试验。

另外，不得随意投入或切除强行励磁装置，只有出现电压互感器回路断线信号时，才能将其切除。当强行励磁或强行减磁装置每次动作后，应检查接触器的触头是否有烧损等现象。

二、同步发电机运行中的常见故障及处理

发电机运行故障的原因是多方面的，如安装不良、维护不当、冷却润滑系统有问题、导水管内有杂物、操作不当、励磁调节器及并网控制设备等有毛病，以及水轮机、发电机等设备本身存在缺陷等，都会造成发电机运行故障。

同步发电机的常见故障及处理方法见表 5-4。

表 5-4 同步发电机的常见故障及处理方法

故障现象	可能原因	处理方法
(1) 发电机过热	<p>① 发电机没有按规定的技术条件运行,如:</p> <p>a. 定子电压太高,铁损增大;</p> <p>b. 负荷电流过大,定子绕组铜损增大;</p> <p>c. 频率过低,使冷却风扇转速变慢,影响发电机散热;</p> <p>d. 功率因数过低,会使转子励磁电流增大,使转子发热</p> <p>② 发电机三相负荷电流不平衡,过载的一相绕组会过热。如果三相电流之差超过额定电流的 10%,则属严重三相电流不平衡。三相电流不平衡会产生负序磁场,从而增加损耗,引起磁极绕组及套箍等部件发热</p> <p>③ 风道被积尘堵塞,通风不良,发电机散热困难</p> <p>④ 进风温度过高或进水温度过高,冷却器有堵塞现象</p> <p>⑤ 轴承中的润滑脂过少或过多</p> <p>⑥ 轴承磨损。磨损不严重时,轴承局部过热;磨损严重时,有可能使定子和转子相互摩擦,造成定子和转子局部过热</p> <p>⑦ 定子铁芯片绝缘损坏,造成片间短路,使铁芯局部的涡流损失增加而发热,严重时损坏定子绕组</p> <p>⑧ 定子绕组的并联导线断裂,这会使其他导线中的电流增大而发热</p>	<p>① 检查监视仪表的指示是否正常,若不正常,应进行必要的调节和处理,务必使发电机按照规定的技术条件运行</p> <p>② 调整三相负荷,使各相电流尽量保持平衡</p> <p>③ 清扫风道积尘、油垢,使风道畅通</p> <p>④ 降低进风或进水温度,清扫冷却器的堵塞物。在故障未排除前,应限制发电机负荷,以降低发电机温度</p> <p>⑤ 按规定要求加润滑脂,一般为轴承和轴承室容积的 1/3~1/2(转速低的取上限,转速高的取下限),并以不超过轴承室容积的 70%为宜</p> <p>⑥ 检查轴承有无噪声,更换不良轴承。如定子和转子相互摩擦,应立即停机检修</p> <p>⑦ 立即停机检修,检修方法见第 5 条和第 6 条</p> <p>⑧ 立即停机检修</p>

续 表

故障现象	可能原因	处理方法
(2)发电机中心线对地有异常电压	① 正常情况下,由于高次谐波作用或制造工艺等原因,造成各磁极下气隙不等、磁势不等 ② 发电机绕组有短路现象或对地绝缘不良 ③ 空载时中性线对地无电压,而有负荷时才有电压	① 电压很低(1 V 至数伏),没有危险,不必处理 ② 会使用电设备及发电机性能变坏,容易发热,应设法消除,及时检修,以免事故扩大 ③ 由三相负荷不平衡引起,通过调整三相负荷便可消除
(3)发电机过电流	① 负荷过大 ② 输电线路发生相间短路或接地故障	① 减轻负荷 ② 消除输电线路故障后,即可恢复正常
(4)发电机端电压过高	① 与电网并列的发电机网电压过高 ② 励磁装置故障引起过励磁	① 与调度联系,由调度处理 ② 检修励磁装置
(5)无功出力不足	励磁装置电压源复励补偿不足,不能提供电枢反应所需的励磁电流,使机端电压低于电网电压,送不出额定无功功率	① 在发电机与电抗器之间接入一台三相调压器,以提高机端电压,使励磁装置的磁势向大的方向变化 ② 改变励磁装置电压、磁势与机端电压的相位,使合成总磁势增大(如在电抗器每相绕组两端并联数千欧、10 W 的电阻) ③ 减小变阻器的阻值,使发电机励磁电流增大

故障现象	可能原因	处理方法
(6)定子绕组绝缘击穿,如匝间短路、对地短路、相间短路	<p>① 定子绕组受潮</p> <p>② 制造缺陷或检修质量不好,造成绕组绝缘击穿,检修不当,造成机械性损伤</p> <p>③ 绕组过热。绝缘过热后会使得绝缘性能降低,有时在高温下会很快造成绝缘击穿事故</p> <p>④ 绝缘老化。一般发电机运行15~20年以上,其绕组绝缘会老化,电气特性会发生变化,甚至使绝缘击穿</p> <p>⑤ 发电机内有金属异物</p> <p>⑥ 过电压击穿,如:</p> <p>a. 线路遭雷击,而防雷保护不完善;</p> <p>b. 误操作,如在空载时把发电机电压升得过高;</p> <p>c. 发电机内部过电压,包括操作过电压、弧光接地过电压及谐振过电压等</p>	<p>① 对于长期停用或经较长时间修理的发电机,投入运行前需测量绝缘电阻,不合格者不许投入运行。受潮发电机需干燥处理</p> <p>② 检修时不可损伤电机绝缘及各部分;要按规定的绝缘等级选用绝缘材料,嵌装绕组及浸漆干燥等必须按工艺要求进行</p> <p>③ 加强日常的巡视检查工作,防止发电机各部分过热而损坏绕组绝缘</p> <p>④ 做好发电机的大、小修工作,做好绝缘预防性试验。发现绝缘不合格者,应及时更换有缺陷的绕组绝缘或更换绕组,以延长发电机的使用寿命</p> <p>⑤ 检修后切勿将金属物件、零件或工具遗落在定子膛中;绑紧转子的绑扎线,紧固端部零件,防止由于离心现象而松脱</p> <p>⑥ 相应地采取以下措施:</p> <p>a. 完善防雷保护措施;</p> <p>b. 发电机升压要按规定的步骤进行操作,防止误操作;</p> <p>c. 加强绝缘预防性试验工作,及时发现和消除定子绕组绝缘中存在的缺陷</p>

续 表

故障现象	可能原因	处理方法
(7)定子铁芯叠片松动	制造装配不当,铁芯未紧固	<p>若是整个铁芯松动,对于大、中型发电机,一般要送制造厂修理;对于小型发电机,可用两块略小于定子绕组端部内径的铁板,穿上双头螺栓,收紧铁芯,待恢复原形后,再用铁芯夹紧螺栓紧固。</p> <p>若是局部铁芯松动,可先在松动片间涂刷硅钢片漆,再在松动部分打入硬质绝缘材料进行处理</p>
(8)铁芯片之间短路,会引起发电机过热,甚至烧坏绕组	<p>① 铁芯叠片松动,发电机运转时铁芯发生振动,逐渐损坏铁芯片的绝缘</p> <p>② 铁芯片个别地方绝缘受损伤或铁芯局部过热,使绝缘老化</p> <p>③ 铁芯片边缘有毛刺或检修时受机械损伤</p> <p>④ 有焊锡或铜粒短接铁芯</p> <p>⑤ 绕组发生弧光短路时,也可能造成铁芯短路</p>	<p>①、② 处理方法见第7条</p> <p>③ 用细锉刀除去毛刺,修整损伤处,清洁表面,再涂上一层硅钢片漆</p> <p>④ 刮除或凿除金属熔焊粒,处理好表面</p> <p>⑤ 将烧损部分用凿子清除后,处理好表面</p>
(9)转子滑环烧损或磨损,电刷火花增大	参见有关内容	参见有关内容

故障现象	可能原因	处理方法
(10) 发电机 振动	① 转子不圆或平衡未调整好 ② 转轴弯曲 ③ 联轴节连接不直 ④ 结构部件共振 ⑤ 励磁绕组层间短路 ⑥ 供油量不足或油压不足 ⑦ 供油量太大,油压太高 ⑧ 定子铁芯装配不紧 ⑨ 轴承密封过紧,引起转轴局部过热、弯曲,造成重心偏移 ⑩ 发电机通风系统不对称 ⑪ 水轮机尾水管水压脉动	① 严格控制制造和安装质量,重新调整转子的平衡 ② 可采用研磨法、加热法和捶击法等校正转轴 ③ 调整联轴节部分的平衡,重新调整联轴节密配合螺栓的夹紧力。对联轴节端面重新加工 ④ 可通过改变结构部件的支持方法来改变它的固有频率 ⑤ 检修励磁绕组,重新包扎绝缘 ⑥ 扩大喷嘴直径,升高油压;扩大供油口,减少间隙 ⑦ 缩小喷嘴直径,提高油温,降低油压,提高面积压力,增加间隙 ⑧ 重新装压铁芯 ⑨ 检查和调整轴承密封,使之与轴之间有适当的配合间隙 ⑩ 注意定子铁芯两端挡风板及转子支架挡风板结构布置和尺寸的选择,使风路系统对称;增强盖板、挡风板的刚度并可靠固定 ⑪ 对水轮机尾水管采取补救措施,如装设十字架等

续 表

故障现象	可能原因	处理方法
(11) 发电机失去剩磁,造成启动时不能发电	① 发电机长期不用 ② 外界线路短路 ③ 非同期合闸 ④ 停机检修时偶然短接了励磁绕组接线头或滑环	① 常备蓄电池,在发电前先进进行充磁 ② 如果附近有发电机,可利用正常发电机的励磁电压给失磁的发电机充磁
(12) 自动励磁装置的励磁电抗器温度过高	① 电抗器线圈局部短路 ② 电抗器磁路的气隙过大	① 检修电抗器 ② 调整磁路气隙,使之不能过大,也不能过小。如对于TZH50 kW 自励恒压三相同步发电机的电抗器,气隙以5.5~5.8 mm 为宜

三、同步发电机的定期维护保养

同步发电机的小修和大修,在计划安排上与原动机同时配合进行。

1. 同步发电机的小修

同步发电机的小修期限一般为1~2年一次。同步发电机的小修项目,包括了一般性保养项目和列入小修消除的缺陷的项目。一般性小修项目如下:

(1) 清扫发电机灰尘、油垢。

(2) 拆开端盖,检查与清扫定子绕组端部及引出线,紧固绕组端部绑线,必要时在绕组表面涂喷绝缘漆,更换楔子。

(3) 检查转子端部、风扇、滑环、电刷、刷架及转子引出线。

(4) 检查发电机附属设备。

(5) 拧紧各接线螺丝,紧固各部件固定螺栓、螺丝。

2. 同步发电机的大修

同步发电机的大修期限为:开启式通风发电机每年一次;封闭式

通风发电机每 2~4 年一次。

同步发电机大修的主要项目及质量标准如下：

(1) 拆开机体及取出转子

① 解体前将螺丝、销子、衬垫、电缆头等做上记号。电缆头拆开后应用清洁的布包好，转子润滑用凡士林涂后用青壳纸包好。

② 拆卸端盖后，仔细检查转子与定子之间的气隙，并测量上、下、左、右 4 点间隙。

③ 取出转子时，不允许转子与定子相撞或摩擦，转子取出后应放置在稳妥的硬木垫上。

(2) 检修定子

① 检查底座与外壳，并清洁干净，要求油漆完好。

② 检查定子铁芯、绕组、机座内部，并清扫灰尘、油垢和杂物。绕组上的污垢，只能用木质或塑料制的铲子清除，并用干净抹布擦拭，注意不能损伤绝缘。

③ 检查定子外壳与铁芯的连接是否紧固，焊接处有无裂纹。

④ 检查定子的整体及其零部件的完整性，配齐缺件。

⑤ 用 1000~2500 V 兆欧表测量三相绕组的绝缘电阻，若阻值不合格，应查明原因并进行处理。

⑥ 检查定子铁芯硅钢片有无锈斑、松动及损伤现象。若有锈斑，可用金属刷子除锈后再涂上硅钢片漆。若有松动现象，可打入薄云母片或环氧玻璃胶板制的楔子。如发现有局部过热引起的变色锈斑，应做铁芯试验，当铁损和温升不合格时，应对铁芯进行特殊处理。

⑦ 检查定子槽楔有无松动、断裂及凸出现象，检查通风沟内的线棒有无胀鼓情况。如楔子和绝缘套发黑，说明有过热现象，应消除通风不良现象或降低负荷运动。检查端部绝缘有无损坏。当绝缘垫块和绝缘夹有干缩情况时，可加热或更换。端部绑扎如有松动，可将旧绑线拆除，用新绑线重新绑扎。

⑧ 检查定子铁芯夹紧螺丝是否松动，如发现夹紧螺帽下面的绝缘垫损坏，应更换。用 500~1000 V 兆欧表测量夹紧螺丝的绝缘电

阻,一般应为 $10\sim 20\text{ M}\Omega$ 。

⑨ 检查发电机引出线头与电缆连接的紧固情况。

⑩ 检查轴承有无向绕组端部溅油的情况。如绕组端部粘有油垢,可用干净的布浸以汽油或四氯化碳擦拭。如端部绝缘受油侵蚀比较严重,必要时可喷一层耐油防护漆。

⑪ 如定子中有埋入式测温元件,其引出线及端子板应清洁,且绝缘良好(可用 250 V 以下的兆欧表测量)。当发现绝缘不良时,应先检查引出线绝缘是否不良,若是在槽内部分绝缘不良,应制定措施,在以后修理绕组时处理。埋设于汇水管支路处的测温元件应安装牢固。

⑫ 检查并修整端盖、窥视窗、定子外壳上的毡垫及其他接缝处的衬垫。

(3) 检修转子

① 用 500 V 兆欧表测量转子绕组的绝缘电阻,若阻值不合格,应查明原因并进行处理。

② 检查转子表面有无变色锈斑。若有,则说明铁芯、楔子或护环上有局部过热现象,应查明原因并进行处理。如不能消除,应限制发电机出力。

③ 检查转子上的平衡块,应固定牢固,不得增减或变位,平衡螺丝应锁牢。

④ 对于隐极式转子,应检查槽楔有无松动、断裂及变色情况,检查套箍、心环有无裂纹、锈斑以及是否变色,检查套箍与转子接合处有无松动、移位的痕迹。

⑤ 对于凸极式转子,应检查磁极有无锈斑,螺钉是否紧固,磁极绕组是否松动,并测量绕组的绝缘电阻,应合格。

⑥ 检查风扇,清除灰尘和油垢。风扇叶片应无松动、破裂现象,锁定螺丝无松动现象。

(4) 检修滑环、电刷和刷架

① 检查滑环的状态及对轴的绝缘情况。滑环的表面应光滑,无

损伤及油垢。当表面不均匀度超过0.5 mm时,应进行磨光或旋光处理。滑环应与轴同心,其摆度应符合产品的规定,一般不大于0.05 mm。滑环对轴的绝缘电阻应不小于0.5 M Ω 。

② 检查滑环的绝缘套有无破裂、损坏和松动现象;清除滑环表面的电刷粉末、灰尘和油垢。

③ 检查滑环引线绝缘是否完整,其金属护层不应触及带有绝缘垫的轴承;检查接头螺丝是否紧固,有无损伤。

④ 检查正、负滑环磨损情况,如两个滑环磨损程度相差较大,可调换连接滑环电缆的正、负线,使两个滑环的正、负极性互换。

⑤ 检查刷架及其横杆是否固定稳妥、有无松动现象,绝缘套管及绝缘垫有无破裂现象,并清除灰尘、油垢,要求绝缘良好。刷握应无破裂、变形现象,其下部边缘与滑环之间的距离应为2~4 mm。

⑥ 同一发电机上的电刷必须使用同一制造厂的同一型号产品。

⑦ 电刷应有足够的长度(一般应在15 mm以上),与刷握之间应有0.15 mm左右的间隙,电刷在刷握中能上下自由移动。

⑧ 连接电刷与刷架的刷辫接头应牢固,刷辫无断股现象。

⑨ 检查弹簧及其压力。恒压弹簧应完整,无机械损伤,其型号及压力要求应符合产品规定。非恒压弹簧的压力应符合制造厂的规定。若无规定,应调整到不使电刷冒火的最低压力。同一刷架上各个电刷的压力应力求均匀,一般为15~25 kPa。

⑩ 检查电刷接触面与滑环的弧度是否吻合,要求接触面积不小于单个电刷截面积的80%。研磨后,应将电刷粉末清扫干净。

⑪ 运行时,电刷应在滑环的整个表面内工作,不得靠近滑环的边缘。

(5) 检修通风装置及灭火装置

① 检查密封式通风道及通风室有无漏风的缝隙,清扫灰尘,要求冷、热风无短路现象。

② 检查各窥视孔的门盖及玻璃窗,要求清洁、完整,无漏风的缝隙。

③ 检查空气冷却器的冷却水管及两端水箱的状况,要求清洁、无锈蚀、无水垢,进、出水阀门及法兰处无漏水现象,阀门开闭灵活,用 200 kPa 的水压试验无渗漏。

(6) 发电机安装及接线

① 安装前先检查发电机膛内有无遗留工具及其他物品,用 0.2 MPa 的干净压缩空气仔细对定子、转子进行吹扫。

② 吊装转子时,转子和定子不能相撞或相互摩擦。

③ 测量发电机转子与定子之间的间隙,在发电机两侧分上、下、左、右四处进行测量,各处间隙与其平均值的差别不应超过平均值的 $\pm 5\%$ 。

④ 安装端盖前,发电机内部应无杂物及任何遗留物,气封通道应畅通。密封冷却发电机在装端盖前应测量端盖封口与转轴之间的间隙,分上、下、左、右四处进行测量,各处间隙与其平均值的差别不应大于平均值的 5%。纬带准确地与轴接触,并应磨尖,外盖严密,毡垫良好,无漏风现象。

采用端盖轴承的发电机,其端盖接合面应用 $10\text{ mm} \times 0.1\text{ mm}$ 塞尺检查,塞入深度不得超过 10 mm。

⑤ 引出线在连接前应检查相序是否正确,引出线的接触面应平整、清洁、无油垢,其镀银层不宜挫磨,接头应牢固(必须注意铁质螺栓的位置,连接后不得构成闭合磁路),绝缘包扎良好,并涂上明显的相序颜色。

四、同步发电机的故障检修

1. 同步发电机电枢绕组(定子)的故障及处理

同步发电机电枢绕组(定子)的故障及处理方法,可参见三相异步电动机的有关内容。这里着重介绍高压定子绕组的局部修理方法。

(1) 绕组主绝缘击穿的临时修理

当发电机定子绕组发生接地短路故障或做预防性试验被击穿

时,在没有备用线圈而绝缘损坏又不太严重的情况下,可以对绕组作局部修理。修理方法如下:

①找出故障线圈。如果故障部位在槽口附近,查找较方便;若在槽内,应将故障线圈从槽内取出,查明击穿部位。

②清洁故障部位,分开短路点,进行 1.7 倍额定线电压的交流耐压试验(线圈槽内部分应用锡箔纸包裹)。合格后,即可进行修补工作。

③将击穿点两侧的主绝缘用刀剖割成如图 5-8 所示的形状。割去部分的长度不小于 $L=10+\frac{U}{200}$ (mm),式中 U 为线圈额定线电压(V)。

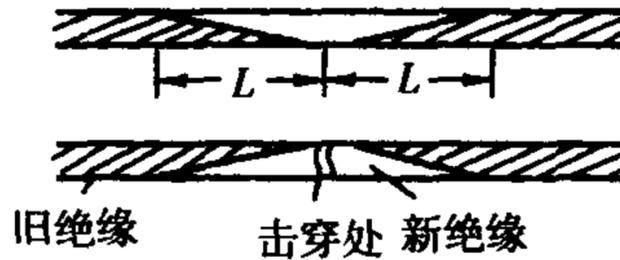


图 5-8 线圈故障部位削成锥形

④检查一下匝间绝缘情况,如有烧损,应进行修补。

⑤割开处的绝缘剖口,用厚 0.13 mm、宽 20~25 mm 的绸云母带包缠。先从底层开始,每缠一层,用绝缘气干漆薄薄地刷一层。包缠时,绸云母带每层的接缝一定要错开。

⑥待新绝缘填充一半时,为使绸云母带压紧和气干漆固化,应进行第一次烘压,即把没有缠满的剖口用白纱带缠满,然后用自制夹具(见图 5-9)夹住(夹板的长度应超出剖口长度两侧约 10 mm),加热前夹具不要压得太紧。

⑦对夹具加热,使新绝缘软化后逐渐压紧夹具,加热温度控制在 100~120℃,需 2~4 h。

⑧拆去白纱带,继续用上述方法将剖口缠满,面层用玻璃丝带半叠包扎,最后再用夹具夹牢,进行第二次烘干。

⑨可在线圈内通入电流或采用其他方法加热烘干,加热温度控制在 80~100℃,最后在绝缘修补处进行局部升温(120℃),强力干

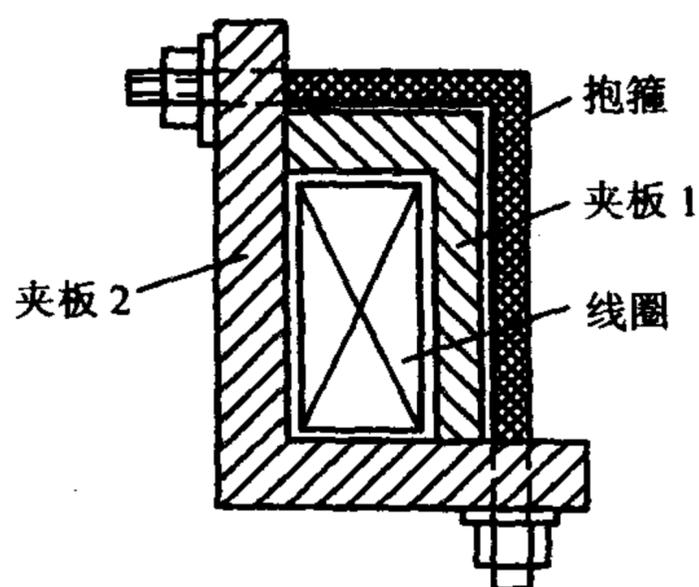


图 5-9 烘线圈绝缘用的夹具

燥 2~4 h,使新、旧绝缘牢固相接,并使新绝缘固化。

⑩ 最后做交流耐压试验(修补部分也用锡箔纸包裹起来),施加电压:

$$6.3 \text{ kV 及以下的发电机 } U=2.25U_e+2(\text{kV})$$

$$10 \text{ kV 及以上的发电机 } U=2.25U_e+4(\text{kV})$$

式中: U_e ——线圈额定线电压(kV)。

⑪ 将线圈嵌入线槽后,未和其他线圈连接前,可按 1.7 倍额定线电压做交流耐压试验。

⑫ 全部修理完毕并经干燥后,可按下面电压做交流耐压试验:

$$\text{运行 10 年以下的发电机 } U=1.5U_e$$

$$\text{运行 10 年以上的发电机 } U=(1.3\sim 1.5)U_e$$

式中 U_e 同前。

(2) 更换被击穿的线圈边

若双层绕组的击穿部位在槽内,则修补工作比较困难。为了不破坏邻近线圈的绝缘,可以用局部更换线圈边的方法进行修理。修理方法如下:

① 查出故障线圈。如果是上层线圈边出故障,只要取出故障线圈边即可修理;如果是底层线圈边出故障,需先将上层好的线圈边取出,然后取出底层故障线圈边。

② 对于开口槽式发电机,先取出槽内的楔子,然后取出线圈边;

对于闭口槽式发电机,则只能从线槽中把整个线圈边抽出。取线圈边时要谨慎,不可伤及线圈绝缘。

③ 装入新的线圈边,并将取出的上、下层线圈边嵌入槽内,此工作需特别谨慎。线圈边装入槽内前适当加热,使其能均匀地压入线槽内。经检查后,打入槽楔子。

④ 进行新、旧线圈边在端部的焊接工作。焊接时应注意以下事项:

① 导线不能接错,否则会前功尽弃,运行时将会产生短路电流烧毁线圈;

② 使用银焊条焊接,必须保证焊接质量,焊面应光洁;

③ 为防止焊接时导体传热损坏绝缘,应用湿的石棉绳把铜导体裹住,同时要防止焊接火焰烤伤绝缘。

④ 按原绝缘要求包缠好端部绝缘。注意与相邻端部及端部之间留有足够的电气距离和通风间隙。

在故障线圈边取出后,对留下的线圈需做交流耐压试验;在新线圈边装入后及新、旧线圈连接后,都应做交流耐压试验。

(3) 绕组端部及引出线绝缘的修理

绕组端部及引出线绝缘的修理比较简单,修理时要注意以下事项:

① 所用的绝缘材料尽可能与原来的绝缘材料相同或接近,使检修后的绝缘不变。

② 绝缘包缠必须紧密,包扎完后,绝缘表面应喷涂三层漆:第一层为灰色或黑色绝缘气干漆,干燥后再喷涂第二层绝缘防油漆,待干燥后再喷涂第三层气干漆。喷涂漆层不宜太厚,以免影响散热效果。

③ 全部绝缘处理完毕后,对绕组通电干燥,最后做交流耐压试验。

2. 定子铁芯的修理

如果定子铁芯被严重烧坏或全部铁芯松动,应更换新的定子。如果定子铁芯仅在齿部表面损伤,或只是铁芯局部松动,则可按以下方法修理:

(1) 嵌入绝缘材料, 夹紧硅钢片。如果铁芯烧坏的直径不大(5~10 mm), 表面熔解和绝缘损坏的深度不深(5~10 mm), 则可以将钢锥打入硅钢片间, 使熔化在一起的硅钢片分开, 然后在片间嵌入厚度为 0.05~0.07 mm 的云母片。如果铁芯局部松动, 可在松动片间嵌入 2~3 mm 的云母板或环氧玻璃胶板, 使硅钢片相互挤紧。为了防止嵌入的绝缘片在发电机运行时脱落, 可在绝缘片上贴一层硅钢片后再嵌入, 并将硅钢片向嵌入绝缘片方向微折。

修理完毕后, 如有必要, 还应作铁损试验。试验时用 0.8~1 T 的磁通密度, 试验持续时间为 90 min。试验结果(折算到磁通密度 1 T 及 50 Hz 时的数值):

① 单位铁损 ΔP_{Fe} 未超过 2.5 W/kg 或未超过所采用牌号的硅钢片的允许单位铁损(如 D41 为 2.1 W/kg, D42 为 1.9 W/kg, D43 为 1.6 W/kg 等);

② 铁芯齿部相互的温差 Δt 未超过 30°C (以不超过 15°C 为良好);

③ 铁芯最高温升 Δt_2 未超过 45°C (以不超过 25°C 为良好)。

如试验结果超过上述三个数值, 说明故障未完全消除, 还需进一步查明原因进行处理。

(2) 切削烧损的铁芯表面, 作填补处理。如果受损面熔解深度较浅, 可先用利凿切削掉被烧的部分, 直至挖到片间绝缘良好处, 切削后的硅钢片表面再用刮刀、砂轮等处理, 将毛刺除去, 最后作铁损试验。如果铁芯齿部烧损严重, 先用上述方法处理后, 再在切去部分用环氧树脂粘结材料填补。注意, 为了不使被切削的齿部表面电场强度过于集中, 切削时切削表面外形要呈半弧形, 避免出现尖锐形, 形成尖端放电。

3. 励磁绕组(转子)的修理

修理励磁绕组时应按以下步骤进行:

(1) 在每个磁极上编上号码, 并在磁极与磁轭连接处打上记号, 以便修复后按原位安装。

- (2) 焊下极间接头,取下绑扎的铜丝或铜套,然后拆下磁极。
- (3) 取下励磁线圈,仔细查明数据,并记录。
- (4) 用铁丝将线圈四角绑扎好后(以免散乱),烧去线圈上的绝缘。
- (5) 清理线圈,并将导线敲平敲直然后用白绸带半重叠包缠一层。
- (6) 按原来线圈形状、层数和匝数绕制成新的线圈。
- (7) 作好线圈的连接头。
- (8) 再将线圈用白布带半缠叠包一层,使其紧实。
- (9) 线圈作浸漆、烘干处理,一般浸 1032 号漆 2~3 次,工艺要求与三相异步电动机的相同。
- (10) 按原来的要求包扎好磁极铁芯的外绝缘,然后将线圈套入磁极。
- (11) 最后按图 5-10 所示的连接方法,焊接极间连线。

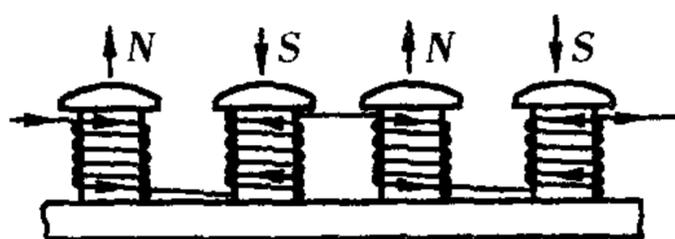


图 5-10 磁极线圈的连接

4. 发电机的干燥处理

如果发电机的绝缘电阻或吸收比达不到规定要求,应对其进行干燥处理。

(1) 发电机干燥处理的注意事项

干燥处理的方法可参照三相异步电动机的干燥处理。发电机的干燥处理还应注意以下事项:

- ① 温度应缓慢上升,温升可为每小时 5~8℃。
- ② 铁芯和绕组的最高允许温度,应根据绝缘等级确定,当用酒精温度计测量时,为 70~80℃;当用电阻温度计或温差热电偶测量时,为 80~90℃。

③ 对于带转子干燥的发电机,当温度达到 70°C 后,至少每隔 2 h 将转子转动 180° 。

④ 水内冷发电机定子宜用热水循环干燥,水温不宜超过 70°C 。当采用直流加热法时,在定子绕组与绝缘水管连接处的接头上,用温度计测得的温度不应超过 70°C 。

⑤ 水内冷发电机转子的干燥方法,可通以直流电加热,加热温度用电阻法测量,不应超过 60°C 。

⑥ 当吸收比及绝缘电阻值符合要求,并在同一温度下经 5 h 稳定不变时,方可认为干燥完毕。

⑦ 发电机干燥如在就位后进行,宜与风室干燥同时进行。

⑧ 发电机干燥后,如不及时启动,宜有防潮措施。

(2) 严重受潮的小型发电机的干燥处理

对于严重受潮或被水淹浸的小型发电机,采用短路电流法进行干燥处理较方便,且效果也很好。

短路电流干燥法的接线如图 5-11 所示。在发电机励磁绕组上加以可调直流电源(见虚线框内部分),通过控制发电机励磁电流来控制发电机定子绕组的短路电流,利用定子绕组产生的热量进行干燥。

可调直流电源主要由单相调压器 T_1 、交流电焊机 T_2 和大功率整流二极管 $VD_1 \sim VD_4$ 等组成。通过调节单相调压器便可调节励磁电流的大小。

具体步骤如下:

① 断开发电机出口断路器 QF 和隔离开关 QS_1 ,在隔离开关接近断路器的一侧用导线将三相短路。

② 启动水轮发电机组,使发电机达到额定转速。

③ 合上发电机出口断路器 QF。

④ 合上外加励磁电源开关 QS_2 。

⑤ 通过调节调压器 T_1 来调节发电机定子绕组的短路电流。短路电流的大小可以用发电机控制屏上的电流表来监视。一般电流不

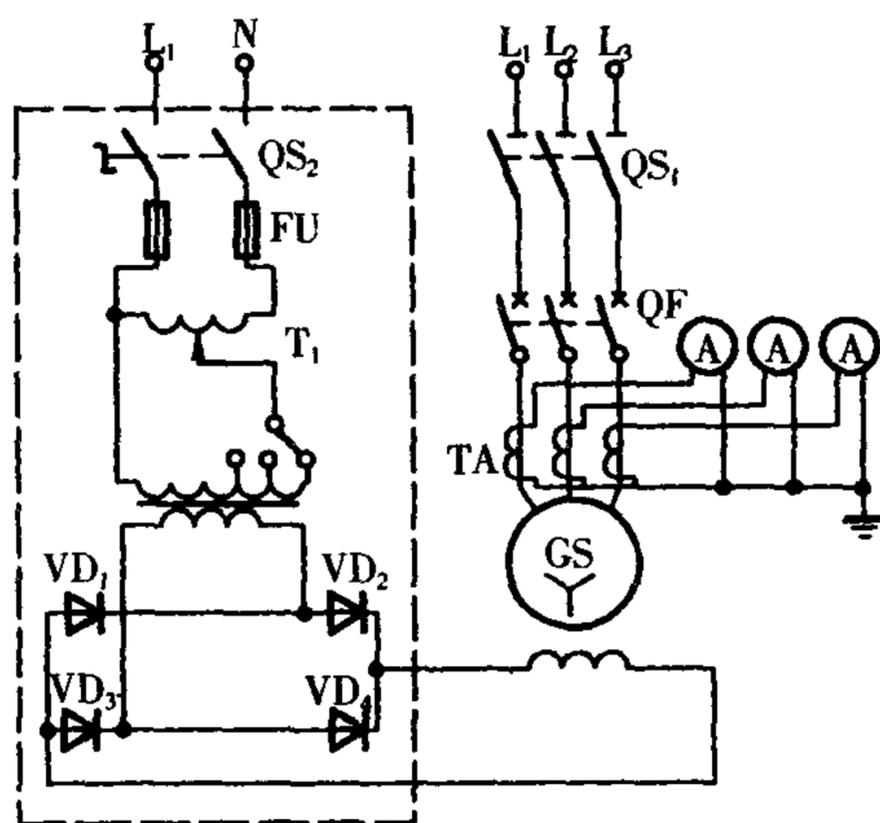


图 5-11 发电机短路干燥法接线图

应超过发电机的额定电流。

在干燥过程中,应严格注意发电机的温升情况,干燥温度不得超过发电机规定的允许温度。

对于带励磁机的发电机,只要把可调直流电源正、负极分别接到励磁机的励磁绕组 F_1 、 F_2 上即可,这样也能同时干燥励磁机。

作者曾在某小水电站调试中遇到一台严重受潮的 800 kW 发电机,该发电机已在未加励磁的情况下空转一昼夜,定子绕组对地绝缘为零。参加试车工作的有制造厂、安装公司等许多单位,而电站处于深山中,不可能按常规作干燥处理。

利用晶闸管自动励磁装置对其进行干燥处理,方法如下:

①将发电机定子绕组用母排短接,短接部位为出口断路器下桩头,以使电流互感器能参加工作。

②打开导水叶,将发电机开至额定转速。

③调节自动励磁装置,使定子电流约为发电机额定电流的 $1/3$,即约 500 A,运行 8 h。结束后,停机并马上测试绝缘电阻。

④然后将发电机定子电流升至额定值的 $1/2$ 左右,即约 750 A,运行 10 h。结束后测试绝缘电阻。

⑤最后再将定子电流升至额定值的 2/3 左右,即约 1 000 A,运行 6 h,其间每隔 3 h 测试一次绝缘电阻。

在以上调节中,结合调节导水叶,让发电机的功率因数始终维持在 0.8 左右。

在干燥过程中,值班人员必须密切监视控制柜、励磁柜上的各个指示仪表,尤其是三相定子电流表和功率因数表,并注意检查发电机的温升情况。

经过一昼夜的干燥处理,发电机的绝缘电阻已升至 5 M Ω 且较稳定,完全符合试车要求,从而使这次试车调试工作得以顺利进行。

五、同步发电机运行中和检修后的试验

发电机的正常寿命可达 25 年,但实际上由于制造的缺陷,以及运行维护等方面的工作未做好,检修质量达不到要求,加上系统故障的影响,都会引起发电机故障,降低其使用寿命。为了预先掌握发电机的技术特性,检验检修质量,以便及时发现隐患并加以处理,必须进行电气试验。

发电机运行中的试验项目主要包括空载试验、短路试验和温升试验等,这些内容已作了介绍。

1. 发电机检修后的试验项目

发电机检修后的实验项目包括:

- (1)测量定子绕组的绝缘电阻和吸收比。
- (2)测量定子绕组的直流电阻。
- (3)定子绕组直流耐压试验和泄漏电流试验。
- (4)定子绕组交流耐压试验。
- (5)测量转子绕组的绝缘电阻。
- (6)测量转子绕组的直流电阻。
- (7)转子绕组的交流耐压试验。
- (8)定子的铁损试验。
- (9)转子交流阻抗和功率损耗试验。

2. 发电机一般性试验项目

发电机的一般性试验项目包括：

- (1) 测量发电机和励磁回路连同所连接的所有设备的绝缘电阻。
- (2) 进行发电机和励磁回路连同所连接的所有设备的交流耐压试验。
- (3) 测量发电机、励磁机和转子进水支座轴承的绝缘电阻。
- (4) 测量埋入式测温计的绝缘电阻并校验温度误差。
- (5) 测量灭磁电阻、自同期电阻的直流电阻等。

3. 发电机检修后一般性试验的要求和规定

(1) 测量定子绕组的绝缘电阻和吸收比

① 绝缘电阻不作硬性规定，只是采取和历次测量相比较（在同样空气温度的情况下）的办法来判断绝缘状况。一般可按每千伏不小于 $1\text{ M}\Omega$ 的标准作大致判断。

② 各相绝缘电阻的不平衡系数不应大于 2。

③ 吸收比 ($K = R_{60} / R_{15}$) 不应小于 1.3。

(2) 测量定子绕组的直流电阻

直流电阻应在冷态下测量，测量时绕组表面温度与周围空气温度之差应不大于 3°C 。

各相或各分支绕组的直流电阻，在校正了由于引线长度不同而引起的误差后，相互间差别应不超过其最小值的 2%；与产品出厂时测得的相应数值比较，其相对变化也应不大于 2%。

(3) 定子绕组直流耐压试验和泄漏电流的测量

① 试验电压为发电机额定电压的 3 倍。

② 试验电压按每级 0.5 倍额定电压分阶段升高，每阶段停留 1 min，并记录泄漏电流。

在规定的试验电压下，泄漏电流应符合下列规定：

③ 各相泄漏电流的差别应不大于最小值的 50%；当最大泄漏电流在 $20\ \mu\text{A}$ 以下时，各相间差值不作规定（但与出厂试验值相比不应有显著变化）。

⑥ 泄漏电流应不随时间的延长而增大。若不符合上述标准之一,应尽可能找出原因并加以消除,但并非不能投入运行。

⑦ 泄漏电流随电压不成比例地显著增大时,应注意分析。

⑧ 氢冷发电机必须在充氢前或排氢后(含氢量在3%以下)进行试验,严禁在置换氢过程中进行试验。

⑨ 水内冷发电机试验时,宜采取低压屏蔽法进行。泄漏电流不作规定(在通水情况下试验时,对特殊结构的水内冷发电机,非被试绕组可以不接地)。

(4) 定子绕组交流耐压试验

试验标准按表5-5进行。

表5-5 定子绕组试验电压标准

容量/kW	额定电压/kV	试验电压/kV
10 000 以下	0.036 以上	$0.75(2U + 1)$
10 000 及以上	3.15~6.3	$0.75 \times 2.5U$
	6.4 以上	$0.75 \times (2U + 3)$

注:U为发电机额定电压(kV)

(5) 测量转子绕组的绝缘电阻

① 转子绕组额定电压为200V及以下者,用1000V兆欧表测量;200V以上者,用2500V兆欧表测量。转子绕组的绝缘电阻一般不低于0.5MΩ。

② 水内冷转子绕组使用500V以下兆欧表或其他仪器测量,绝缘电阻应不低于5MΩ。

③ 当发电机定子绕组的绝缘电阻已符合启动要求,而转子绕组的绝缘电阻不低于2kΩ时,可允许投入运行。

④ 必要时,在发电机额定转速下(超速试验前后)测量转子绕组的绝缘电阻。

(6) 测量转子绕组的直流电阻

应在冷态下进行,测量时绕组表面温度与周围空气温度之差应不

大于 $\pm 3^{\circ}\text{C}$ 。测量数值与产品出厂数值比较,其差别应不超过2%。

显极式转子绕组应对各磁极绕组进行测量。

(7) 转子绕组的交流耐压试验

转子绕组的试验电压为产品出厂试验电压的75%。

(8) 定子铁芯试验

请详见“定子铁芯的修理”。

(9) 测量转子绕组的交流阻抗和功率损耗

应在定子膛内、膛外和启动后、额定转速下(超速试验前后)分别进行测量。对于显极式发电机,一般仅要求在膛外对每一磁极绕组进行测量。试验时施加电压的峰值应不超过额定励磁电压值,阻抗值不作规定。

(10) 测量发电机和励磁回路连同所连接的所有设备的绝缘电阻及进行交流耐压试验

绝缘电阻应不低于 $0.5\text{ M}\Omega$,否则应查明原因,并加以消除。试验电压为 1 kV 。

(11) 测量发电机和转子进水支座等轴承的绝缘电阻

应在装好水管后用 $1\ 000\text{ V}$ 兆欧表测量,绝缘电阻应不低于 $0.5\text{ M}\Omega$ 。

(12) 测量检温计的绝缘电阻并校验温度误差

使用 250 V 兆欧表测量,绝缘电阻不作规定。检温计指示值误差应不超过制造厂规定值。

(13) 测量灭磁电阻、自同步电阻的直流电阻

灭磁电阻和自同步电阻的直流电阻与铭牌数值比较,其差别应不超过10%。

第六章 特殊电动机

第一节 家用洗衣机电动机

家用洗衣机已成为进入千家万户的普及型家用电器,而套筒式及滚筒式全自动洗衣机正在取代传统的双筒洗衣机,作为洗衣机动力的单相异步电动机也得到了迅速发展。

一、波轮式洗衣机电动机

我国生产的家用波轮式洗衣机采用单相电容运转式异步电动机,它具有过载能力强,运行性能、启动性能好,容易维修等优点。

1. 波轮洗衣机电动机工作原理

洗衣机电路如图 6-1 所示,采用单相电源。为了获得旋转磁场,在定子槽内嵌放了两相绕组,即主绕组和副绕组(辅助绕组)。两

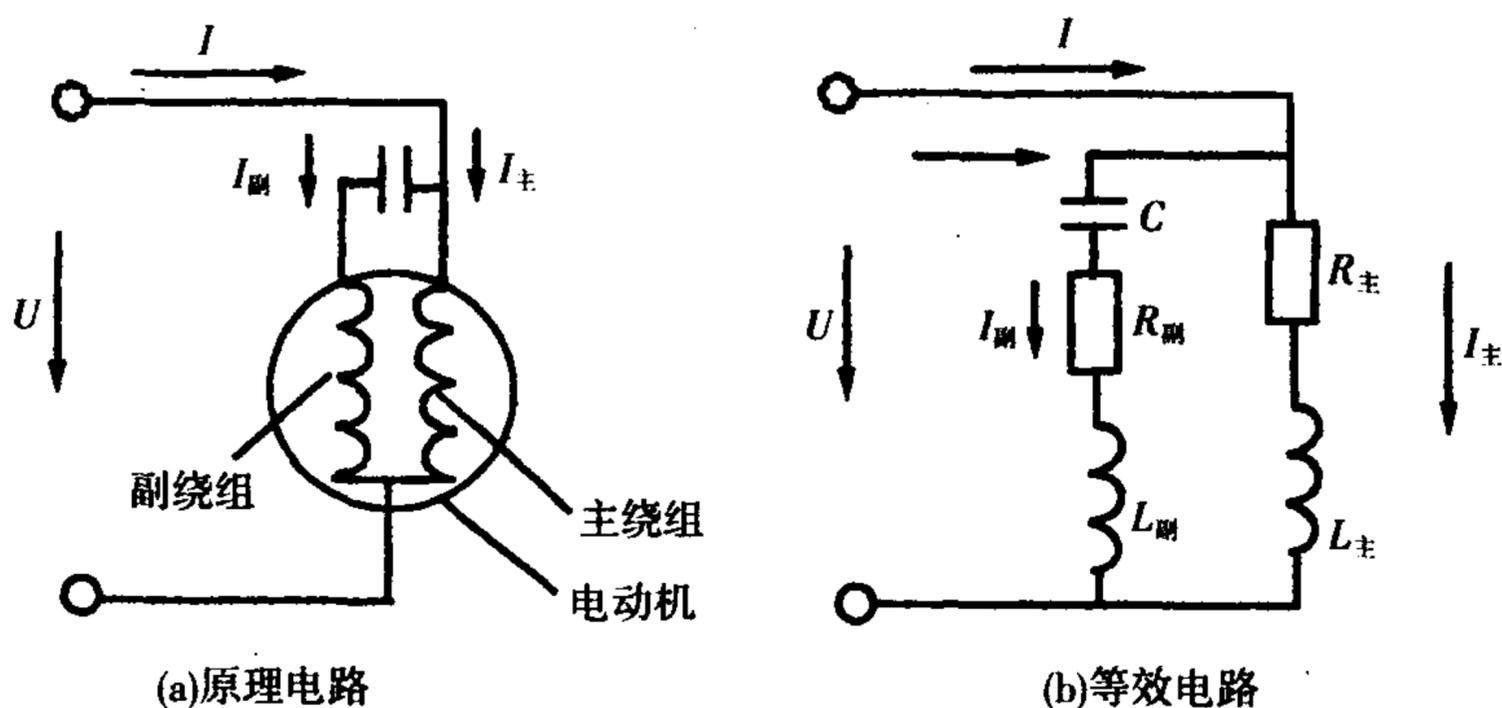


图 6-1 洗衣机电动机原理电路及等效电路

相绕组轴线在空间相差 $\frac{\pi}{2}$ 。另外在副绕组中串入了一个适当容量的电容,使得通入主、副绕组的电流具有不同的相位,即变为两相电流,这样就可产生旋转磁场,处于旋转磁场中的转子就可启动旋转。

由于波轮式洗衣机在洗涤时,要求电动机能正、反交替运转,并且运行状态完全一样,因此在控制电路中采用了主、副绕组对调(即将副绕组上的电容串接于主绕组上)的办法来实现正、反转控制。为了在正、反转时具有相同的性能,把两相绕组的参数(如线圈匝数、线径等)设计得完全一样,轮流充当主、副绕组。为了获得更好的性能,采用正弦绕组。

图 6-2 为波轮式洗衣机电动机洗涤时与定时器的接线原理图。当 K 与 a 接通时,主、副绕组形成两相旋转磁场,电动机运行,假设为正转;当 K 与 b 接通时,主、副绕组功能互换,电动机反转;随着 K 与 a、b 不断交替接通,电动机便一会儿正转、一会儿反转。这就是洗衣机电动机正、反运转的工作原理。

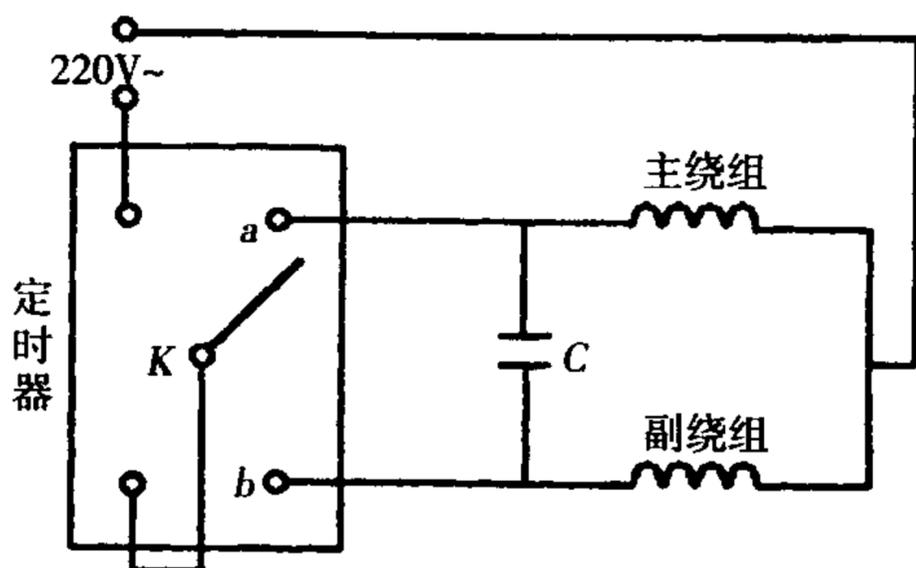


图 6-2 电动机与定时器的接线原理图

2. 波轮式洗衣机电动机结构

洗衣机工作时电动机因工作条件比较恶劣,为了便于散热和排出水汽,通常将电动机设计成开启式结构,冷却方式有自然冷却、风扇冷却两种。常见的两种结构如图 6-3 所示,其中图 a 采用滚动轴承,图 b 采用粉末冶金含油轴承,图 c 为零部件分解图。它主要由定

子、转子、端盖、轴承、电动机轴、风叶及主、副绕组等构成。

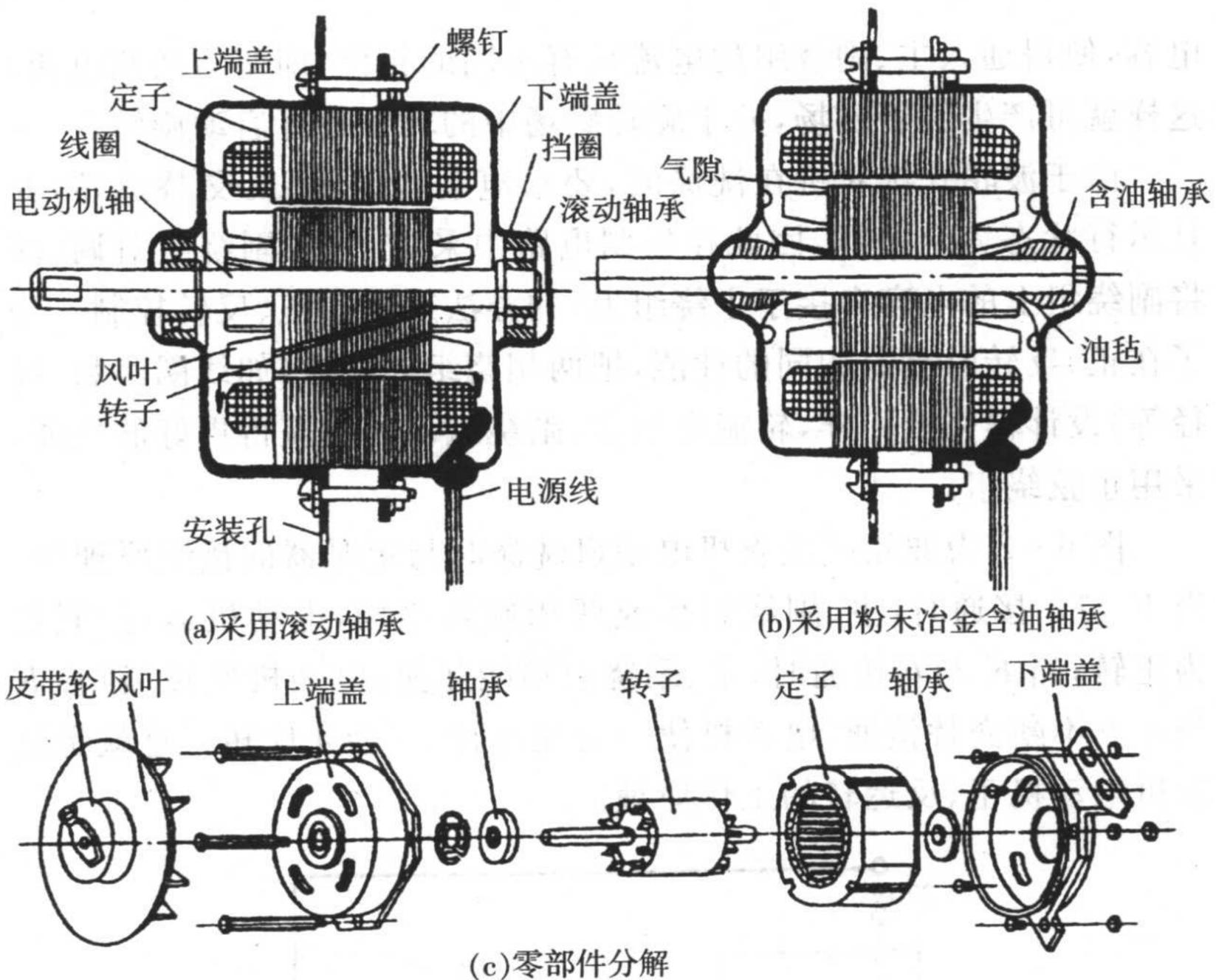


图 6-3 洗衣机电动机结构

(1) 定子

定子由定子铁芯和定子绕组组成。定子铁芯由 0.5 mm 硅钢片冲制而成,硅钢片的表面涂有绝缘漆。定子铁芯的内圆上开有 24 个槽,用来嵌放主绕组和副绕组,两绕组在空间上互成 $\frac{\pi}{2}$ 。洗衣机电动机为四极电动机,节距为 6 槽。

(2) 转子

转子由转子铁芯和笼型绕组组成。转子和电动机轴连成一个整体,即轴压入转子铁芯内形成过盈配合。转子铁芯也由硅钢片冲制而成,外圆开有半闭口槽或闭口槽(转子槽一般为 22 槽、30 槽、34 槽

等,与定子的 24 槽相配合),叠压后依靠成型夹具将转子槽扭斜一个角度(一个定子槽距),以消除高次谐波。斜槽内浇铸铝合金(或纯铝),铸成的铝条与两端短路环形成一个笼型。

(3)端盖

端盖分为上、下端盖两部分,中间用螺栓连接。端盖有铸铝和钢板两种。上、下端盖内有轴承室,用以安装轴承。端盖上部开有出气孔,以利于电动机绕组的通风散热。端盖侧面有装配止口,用以装配时定位。为防止洗衣机漏水时水滴入电动机内,在洗涤电动机端盖上附有挡板。为了使电动机内部散热良好,在电动机上方安装了与皮带轮成一体的风叶。风叶可用钢板冲压,也可用塑料或铸铝制成。

(4)气隙

定子铁芯和转子铁芯之间很小的间隙即为气隙。为了便于散热,气隙常常为开启式,它的冷却有自然冷却和风扇冷却两种。为了减小激磁电流,气隙应尽可能小。但考虑到装配及运转安全,气隙又不能太小,故气隙多设计为单边 0.35 mm 左右。

3. 洗衣机电动机主要技术参数

根据 GB3537—1983《洗衣机用 XD 型电机技术条件》和 GB9650—1988《洗衣机脱水用电机》,将电动机的技术指标整理列于表 6-1 和表 6-2。

表 6-1 XD 型洗衣机电动机技术参数

项 目		XDL-90	XDL-120	XDL-180	XDL-250
		XDS-90	XDS-120	XDS-180	XDS-250
额定功率/W		90	120	180	250
额定电压/V		220(50Hz)			
满 载	电 流/A	0.88	1.1	1.54	2.0
	转 速/(r/min)	1370			
	效 率/%	49	52	56	59
	功率因数	0.95			

续 表

项 目		XDL - 90	XDL - 120	XDL - 180	XDL - 250
		XDS - 90	XDS - 120	XDS - 180	XDS - 250
定子铁芯	外径	107			
	内径	68			
	长度	34	40	50	62
气隙长度		0.35			
槽 数	定子	24			
	转子	34			
每套定子绕组	线规	1 - 0.35	1 - 0.38	1 - 0.45	1 - 0.5
	每极匝数	296	253	195	156
	半匝平均长/mm	108.5	114.5	124.5	136.5
堵转电流/A		2.0	2.5	4.0	5.5
堵转转矩/额定转矩/(N·m)		0.95	0.9	0.8	0.7
最大转矩/额定转矩/(N·m)		1.7	1.7	1.7	1.7
噪声/dB		62			
电容器容量/ μ F		8	9	12	16

表 6 - 2 XDT 型洗衣机脱水用电动机技术参数

项 目		XDT25	XDT40	XDT60
额定功率/W		25	40	60
额定电压/V		220(50Hz)		
槽数	定子	24		
	转子	34		
满载时	电流/A	0.56	0.68	0.72
	转速/(r/min)	1280		
	效率/%	22	30	41
	功率因数	0.95		

续表

项 目	XDT25	XDT40	XDT60
堵转电流/A	1.15	1.35	1.50
堵转转矩/(N·m)	0.34	0.41	0.52
最大扭矩/(N·m)	0.44	0.53	0.68

二、滚筒式洗衣机电动机

家用滚筒式洗衣机采用的电动机有 4 种：单相串激式电动机或直流永磁式电动机、同轴组合电动机、双速变极电动机（简称双速电动机）。国产滚筒洗衣机多采用双速变极电动机和单相串激电动机。双速电动机采用改变极数来获得洗涤和脱水两种速度：接为 12 极绕组，电动机低速运转，完成洗涤、漂洗功能；接为 2 极绕组，电动机高速运转，完成脱水功能。

双速变极电动机的结构相对比较复杂，通常做成开启式，便于散热和排走水汽。它由定子、转子、前后端盖、转轴、风叶等组成，如图 6-4 所示。机壳采用低碳钢板冲压而成，定子铁芯采用外压装工

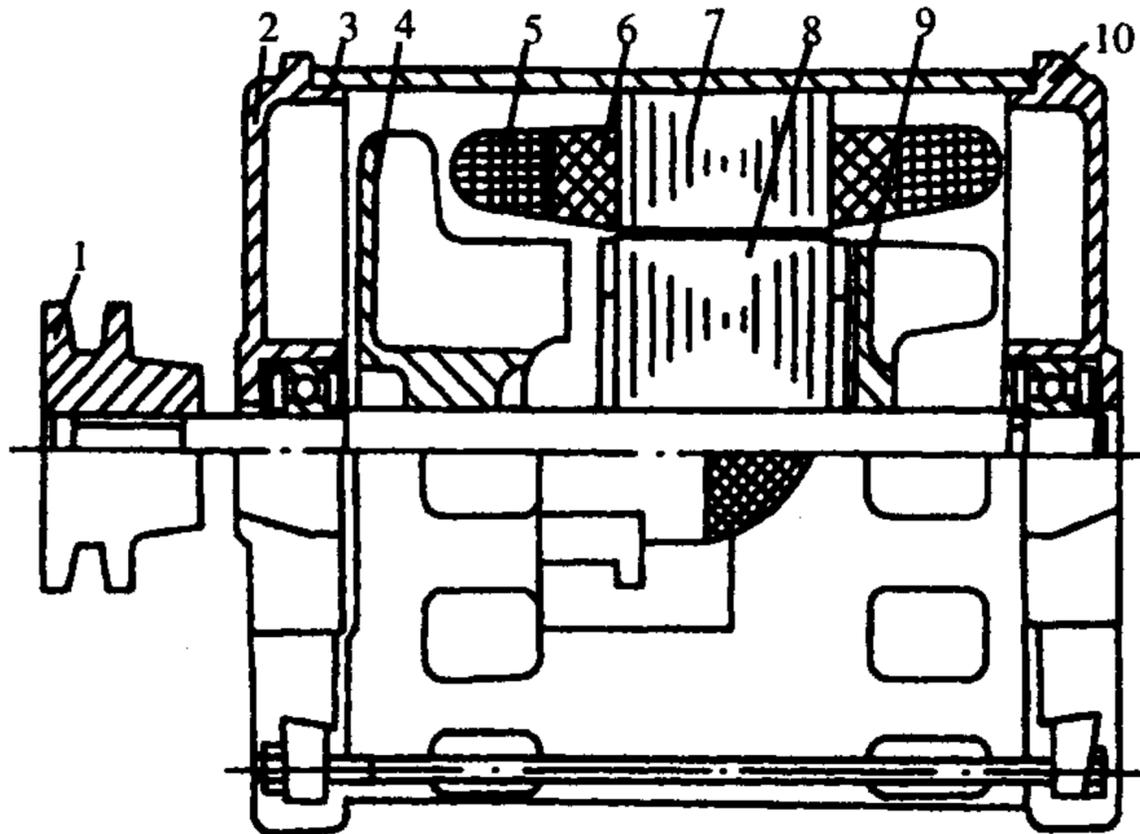


图 6-4 双速变极电机结构

1—皮带轮胎 2—前端盖 3—机壳 4—前风叶 5、2—极绕组
6、12—极绕组 7—定子铁芯 8—转子 9—后风叶 10—后端盖

艺,两端选用铝合金压铸端盖。转子铁芯和转轴采用冷压工艺配合,转子两端采用镶嵌式塑料内风叶。

双速电动机转速由定子极数的多少决定,所以,只要改变电动机定子的极数就可以变电动机的转速。双速电动机一般在原有一个主绕组和一个副绕组的基础上,再增加一个主绕组和一个副绕组,这样,电动机定子上就有两个主绕组和两个副绕组,其中一对绕组作低速运转,另一对绕组作高速运转,而且按一个方向转动。图 6-5 为其工作原理图, K_1 、 K_2 、 K_3 、 K_4 分别是程控器的触点开关。当 K_2 和 K_3 分别与 e 、 f 触点接通时,电容器 C 跨接于低速绕组主绕组和副绕组之间,这时若触点开关 K_1 周期性地与 a 、 b 触点接通或断开,电容器 C 将周期性地交替串接于高、低两绕组中,电动机便一会儿正转、一会儿停、一会儿反转;当 K_2 和 K_3 分别与 e 、 f 触点断开,与 c 、 d 触点接通时,电容器 C 与高速绕组中的副绕组串接,电动机便向一个方向高速转动。由于采用两套绕组的调速方法,使得电动机低速运转和高速运转时的转速有较大的差别,以满足滚筒式洗衣机的工作需要。

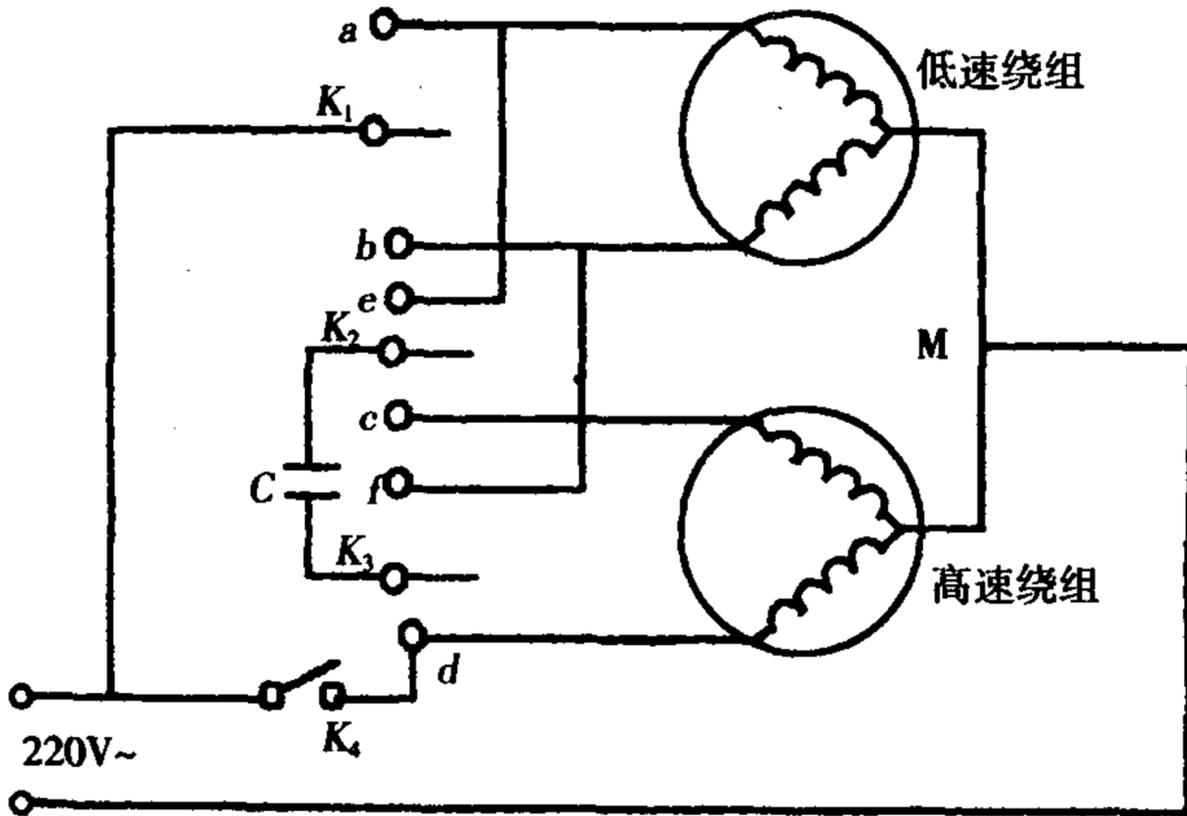


图 6-5 双速变极电动机工作原理

三、洗衣机电动机常见故障及维修

洗衣机电动机常见故障及排除方法见表 6-3。

表 6-3 洗衣机电动机常见故障及排除方法

故障现象	故障原因	排除方法
滚筒式洗衣机中主电动机不工作	(1)电源插头松脱或控制部分无电 (2)双速电动机电容断路、短路或无容量 (3)主电动机定子绕组断路或电枢绕组断路 (4)换向片之间严重短路 (5)单相串激电动机电刷与换向器接触不良 (6)电动机轴承生锈或磨损	(1)应紧固插头并检查控制部分是否有电 (2)更换电容器 (3)用多用表电阻挡测量绕组,若为开路,应更换主电动机 (4)更换换向片之间的绝缘材料 (5)调整电刷弹簧或更换电刷 (6)更换电动机或轴承
波轮不转,但洗涤电动机有声	(1)洗涤电动机启动转矩小 (2)电动机绕组有一相开路	(1)更换洗涤电动机 (2)更换电动机绕组或更换电动机
洗衣机运转时噪声大	(1)电动机轴承磨损严重 (2)电动机轴承过紧或过松 (3)电动机定子铁芯与转子铁芯相擦,或电动机轴弯曲,窜动量大 (4)电动机转子轴向窜动过大	(1)更换电动机轴承 (2)调整或更换轴承 (3)检修或更换洗涤电动机 (4)在转子轴承底端加波形弹性垫圈,使转子可自动调节轴向间隙
洗衣机工作时机内冒烟,且有焦糊味	(1)电动机受阻不转动,使电动机温度升高,出现焦糊味 (2)电源电压过低,使电动机电流增大而造成电动机温度升高,出现焦糊味	(1)检查并排除受阻原因,若电动机绕组烧毁,应更换绕组 (2)应立即断电停机,检查电源,检查电动机绕组是否过热或烧毁,视情况更换电动机绕组或更换电动机

第二节 电冰箱、空调器压缩机电动机

一、压缩机电动机分类及结构

1. 压缩机电动机分类

压缩机电动机是家用电冰箱和中小型空调器的主要部件。压缩机电动机为单相分相式电动机,有电阻启动式、电容启动式、电容运转式、电容启动运转式 4 种。单相电阻启动式和电容启动式电动机主要用于以毛细管为节流装置的家用电冰箱。电容运转式和电容启动运转式电动机主要用于功率较大的电冰箱和空调器。

2. 压缩机电动机结构

压缩机电动机和压缩机连成一体,故常称为压缩机组,简称压缩机。压缩机的作用是把蒸发器中汽化的制冷剂通过吸气管抽吸进来,再把它压缩为高温、高压气体,经排气管送到冷凝器冷却。为了防止制冷剂泄漏,家用电冰箱和中小型空调器均采用全封闭式压缩机。电动机转子直接装在压缩机曲轴的一端,直接带动压缩机曲轴运转。图 6-6 为常见的连杆式压缩机结构,图 6-7、图 6-8 为滑管式压缩机结构和零部件分解图。

在压缩机中,电动机定子和压缩机的汽缸体都同机座紧固在一起。在连杆式压缩机中,电动机的转轴连接曲轴,转轴带动曲轴旋转,再通过连杆使活塞在汽缸内往复运动,进行吸气和排气。连杆式压缩机多用于功率 150 W 以上的家用电冰箱或空调器中。在滑管式压缩机中,电动机转轴连接曲柄,电动机转子带动曲柄旋转,曲柄带动滑管中的滑块左右滑动,从而带动活塞在汽缸内往复运动,将低温低压制冷剂通过吸气阀孔吸入汽缸,将高温高压制冷剂通过排气阀孔压入排气管。冷冻油由于离心现象,通过转轴中的离心油槽上升,润滑各摩擦部位。100 W 左右的家用电冰箱均采用滑管式压缩机。

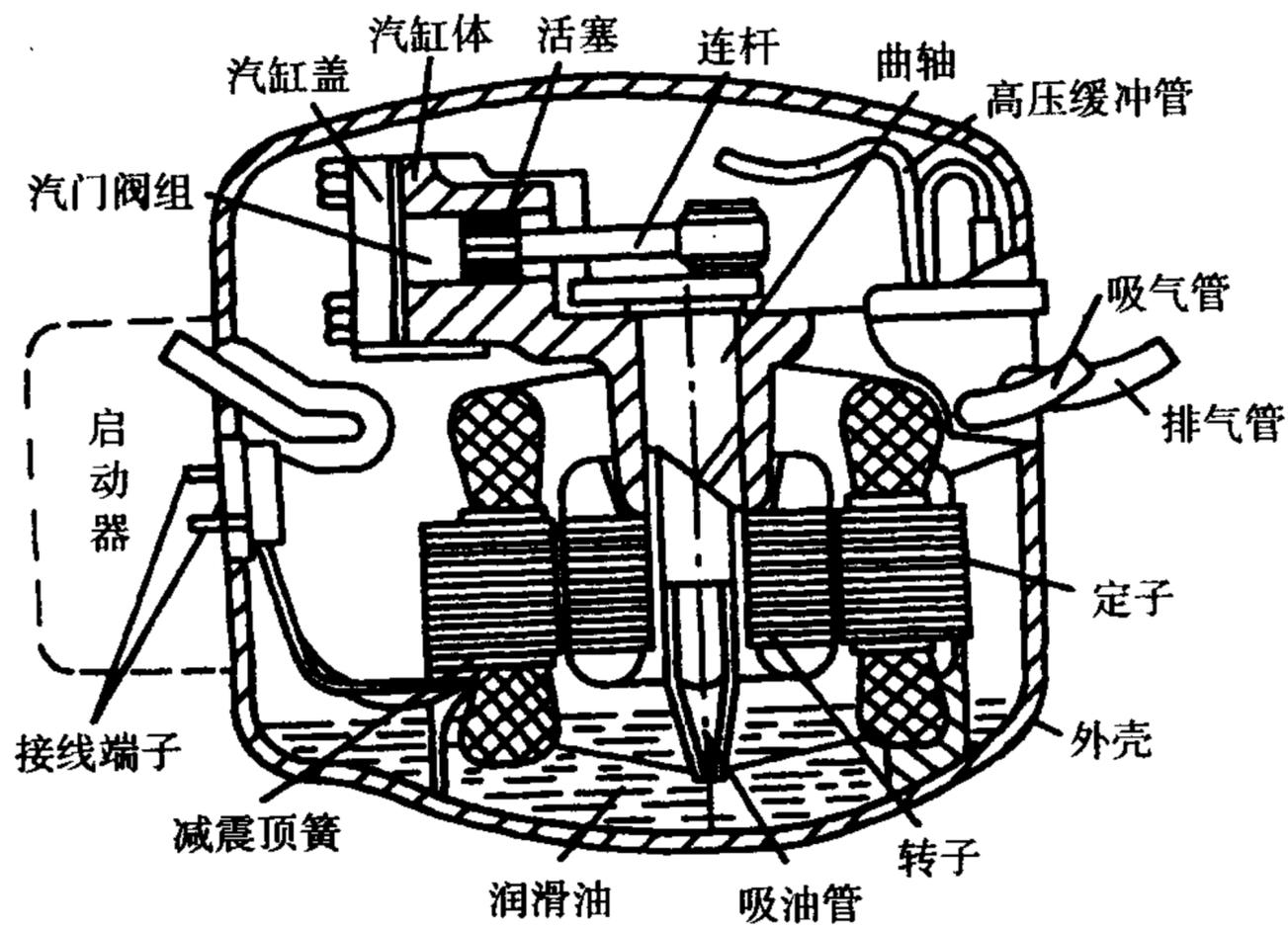


图 6-6 连杆式压缩机结构

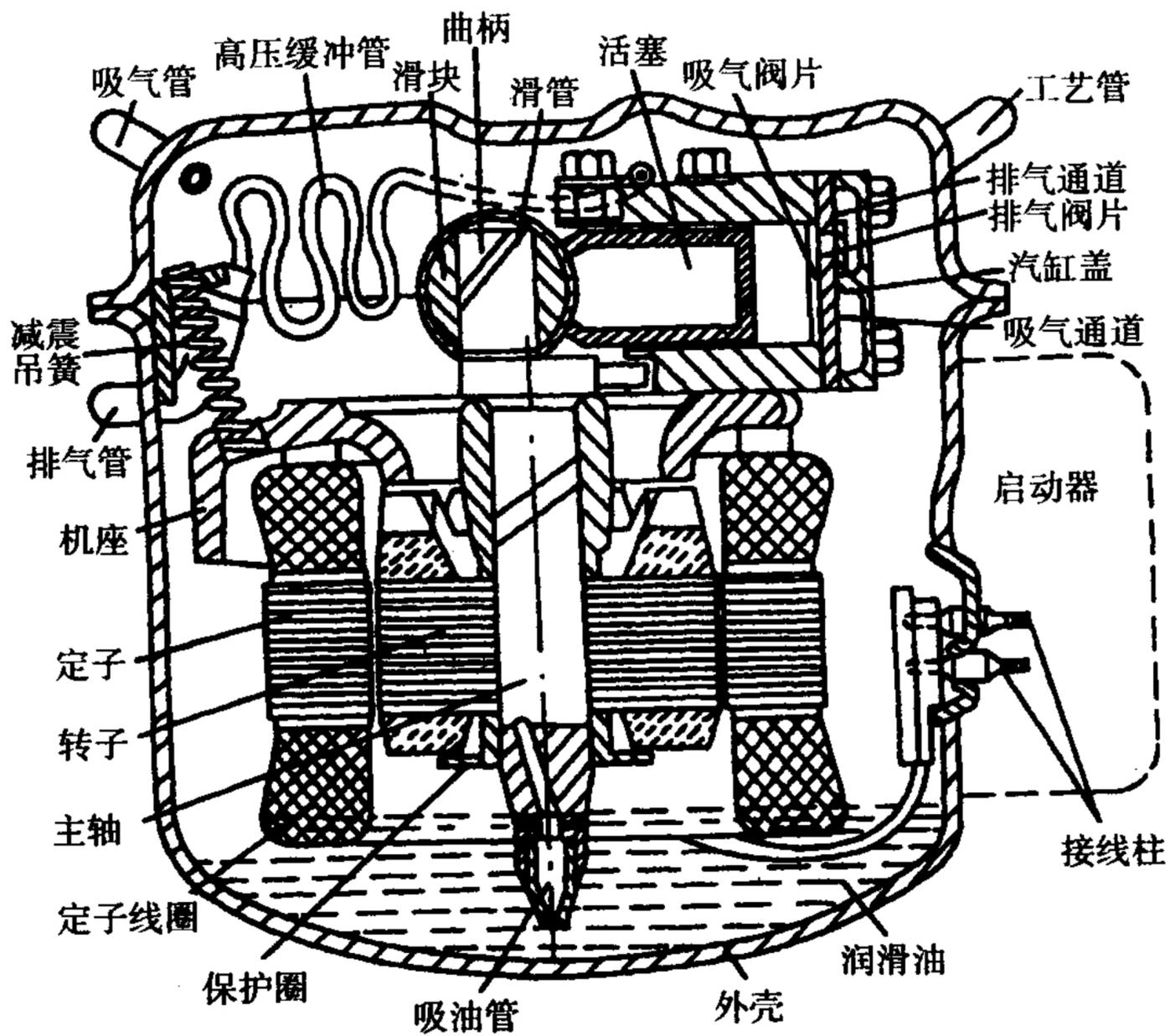


图 6-7 滑管式压缩机结构

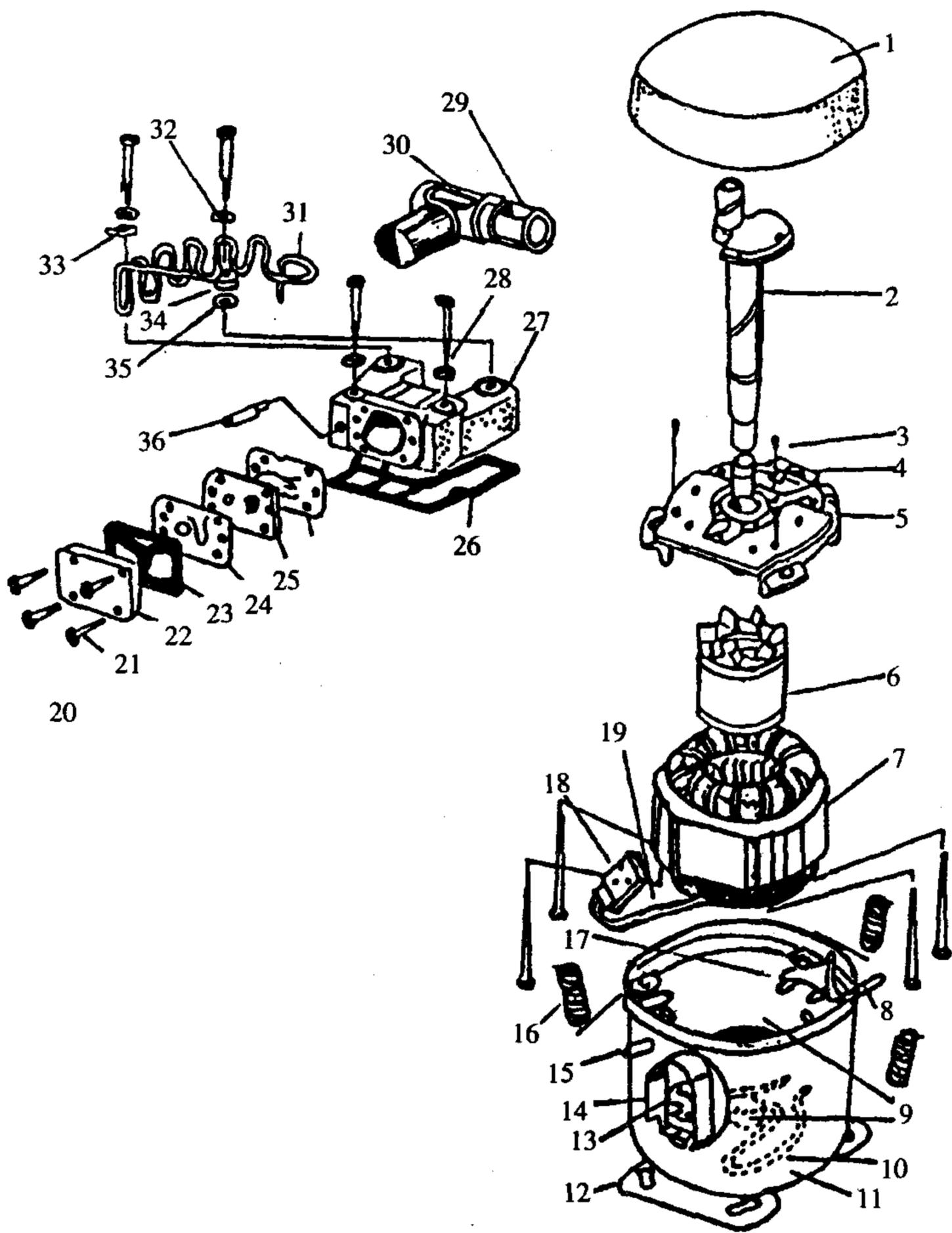


图 6-8 滑管活塞式压缩机零部件分解

1—机壳上壳 2—曲轴 3—定位销 4—油泵 5—机座 6—电动机转子 7—电动机定子 8—排气管 9—保护圈 10—油冷却管 11—机壳下壳 12—机座固定板 13—接线柱 14—保护罩 15—吸气管 16—吊簧 17—吊筑架 18—内接线盒 19—电动机引线 20—汽缸盖螺钉 21—汽缸盖 22—汽缸盖密封垫片 23—排气阀片 24—阀板 25—吸气阀片 26—机座密封垫片 27—汽缸体 28—垫圈 29—滑块 30—活塞、滑管组件 31—高压缓冲管 32—垫圈 33—夹持管垫片 34—排气管座 35—垫圈 36—吸入管

二、压缩机电动机定子绕组结构

压缩机电动机定子绕组有两种：一种是 32 槽 4 极电动机，一种是 24 槽 2 极电动机，一般采用 2 极电动机较多，两种电动机的定子绕组都采用正弦绕组。压缩机电动机在有腐蚀性制冷剂环境下工作，因此电动机绕组所用的漆包线和绝缘材料都要耐腐蚀，漆包线要用 QF 型漆包线或 QXY 型聚酰胺-酰亚胺高强度漆包线，电动机引线采用聚全氟乙丙烯或聚四氟乙烯套管绝缘，电动机的槽口、层间绝缘要选用聚四氟乙烯材料，浸漆要用聚酰亚胺清漆（一般不作浸漆处理），定子槽绝缘用聚酯薄膜。

下面以 QF-21-73、93 型电动机为例，介绍压缩机电动机定子绕组结构。其定子绕组展开如图 6-9 所示，实际布线和接线如图 6-10 所示。在绕线时，主、副两种线圈组可连绕或每种线圈组分开绕。两个线圈组连绕就是一次将绕组的 10 个线圈全部绕下来，再分出两个来。在绕线时必须将绕线机主轴加长，或采用叠加的办法。一般可采取每组分开绕的方法，即一次将 5 个线圈绕好后再绕另一组的 5 个线圈。但在绕副绕组线圈时，因有的线圈内有反绕线圈，绕线时必须适时反绕。

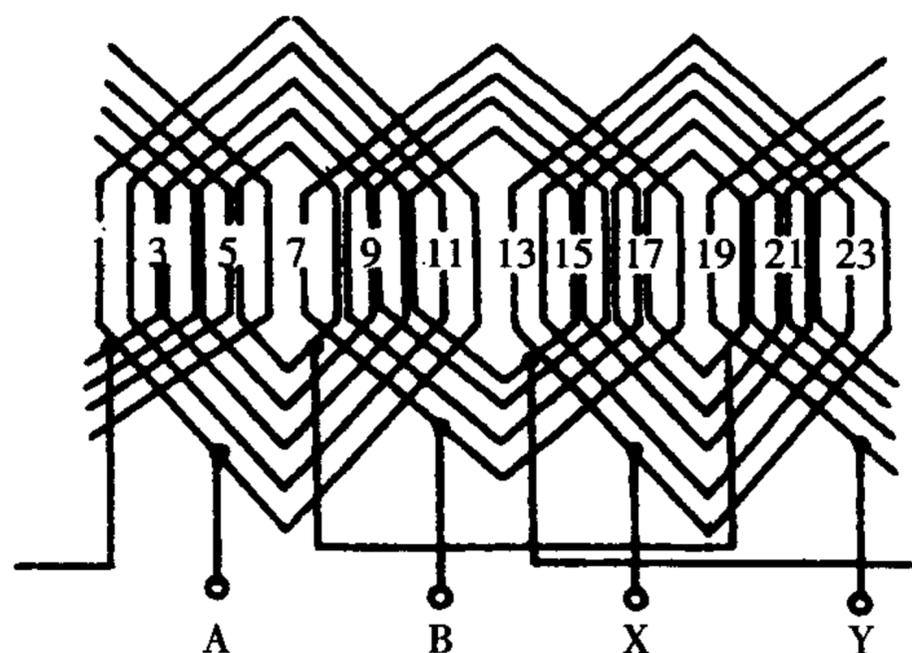


图 6-9 QF-21-73、93 型电动机定子绕组展开

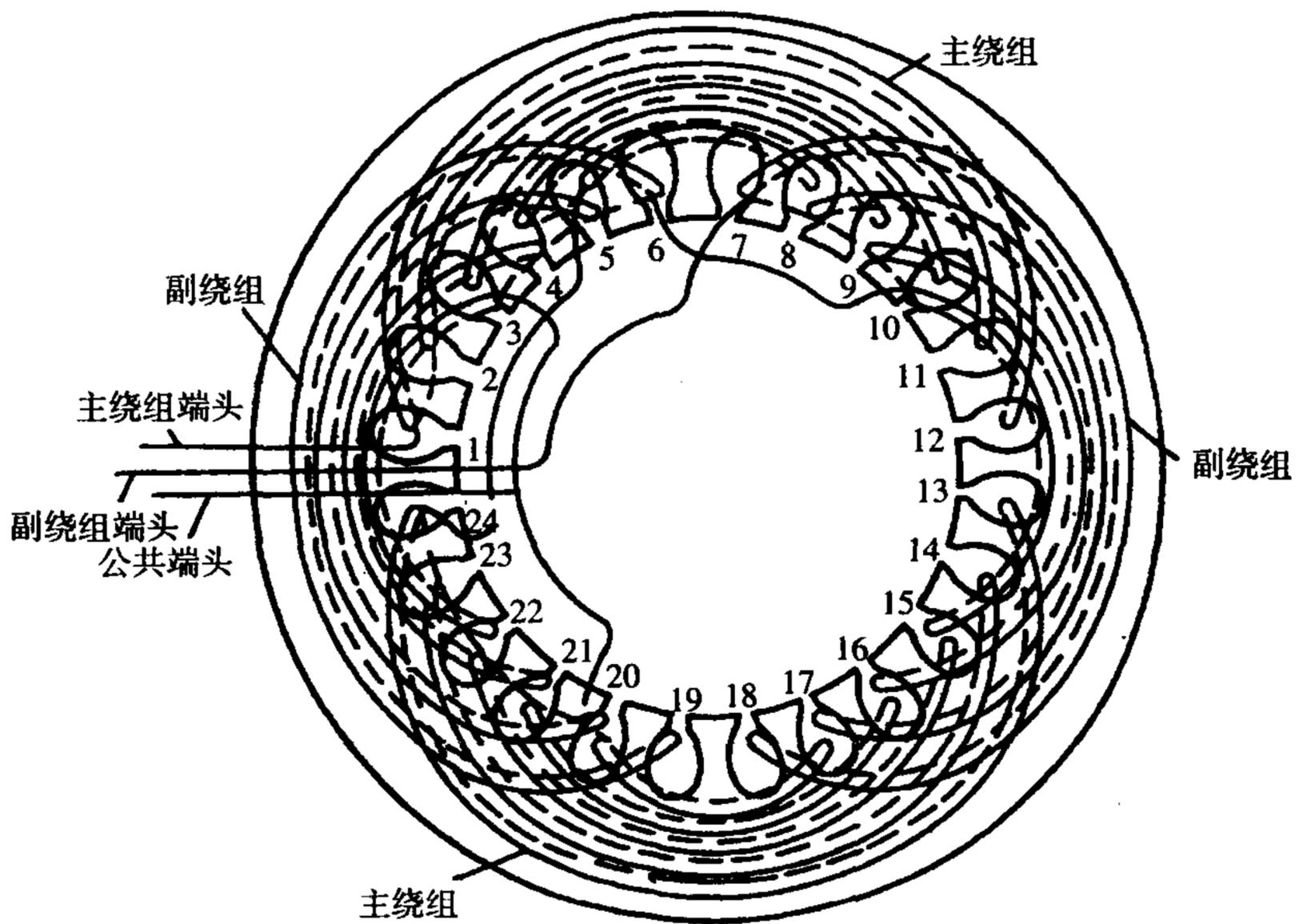


图 6-10 QF-21-73、93 型电动机定子绕组实际布线和接线

QF-21-93 型电动机副绕组绕法如图 6-12 所示,先从小线圈开始顺绕 50 圈,接着绕小线圈(顺绕 55 圈,到 105 圈)和中线圈(顺绕 67 圈,到 172 圈),再绕大圈(先顺绕 90 圈再反绕 25 圈,到 287 圈停止)。

又如 ZYO-1-008-01 型电动机,其定子绕组下线方向如图 6-11 所示,副绕组绕法如图 6-13 所示,由次小圈开始顺绕 30 圈,然后绕大圈(先反绕 21 圈再顺绕 69 圈,到 164 圈为止)。

图 6-12 和图 6-13 所示绕组的布线结构如下:主绕组用较粗的漆包线(直径 0.64 mm)绕制,阻值为 11.81Ω ,它有两组线圈,相对地嵌在定子槽中。每组最大圈 101 匝入 1~12 槽,大圈 93 匝入 2~11 槽,中圈 80 匝入 3~10 槽,小圈 62 匝入 4~9 槽,最小圈 43 匝入 5~8 槽;第二个线圈组的最大圈入 24~13 槽,大圈入 23~14 槽,中

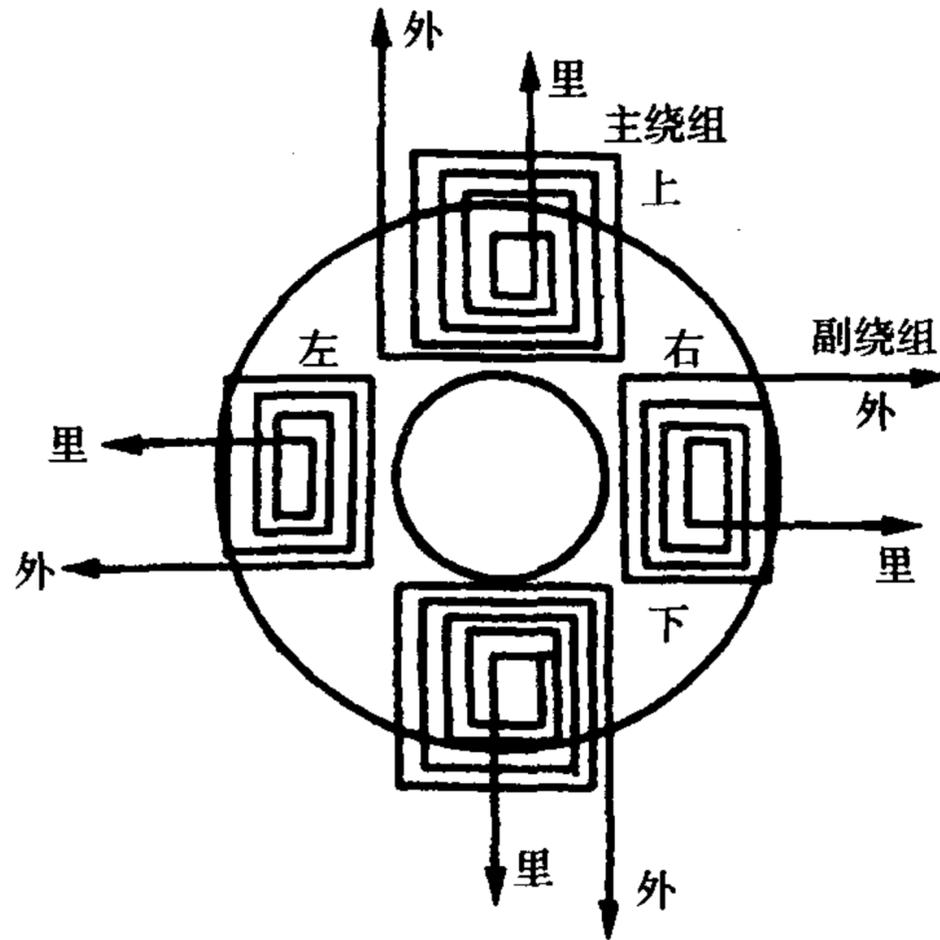


图 6-11 ZYO-1-008-1 型电动机定子绕组下线方向
圈入 22~15 槽,小圈入 21~16 槽,最小圈入 20~17 槽。

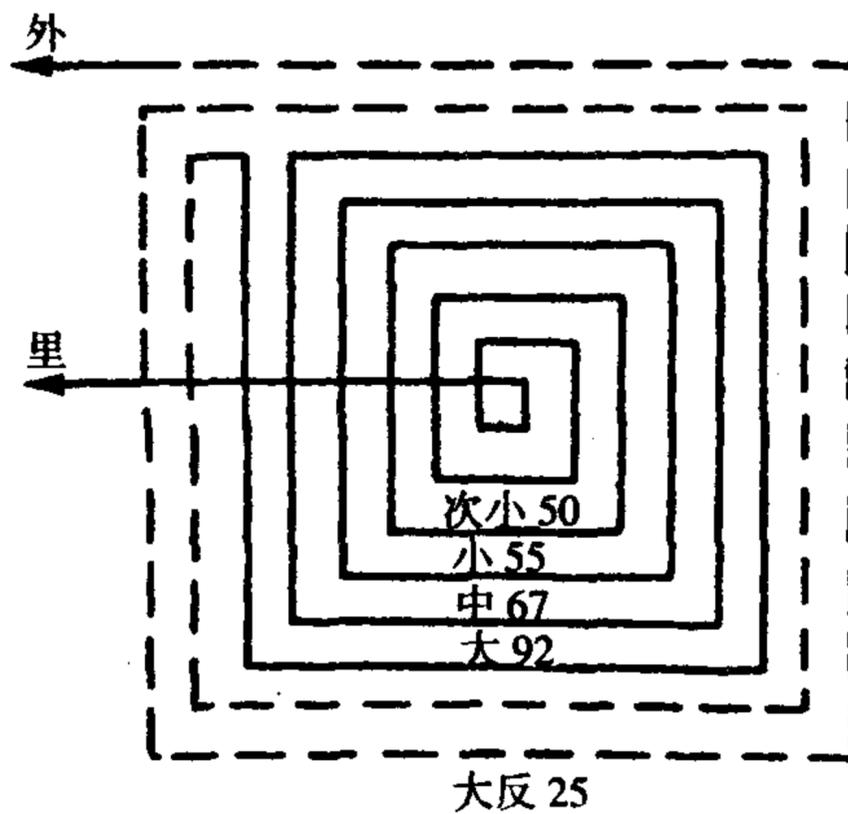


图 6-12 QF-21-93 型电动机副绕组绕法示意

副绕组用较细的漆包线($\phi 0.35\text{ mm}$)绕制阻值 $41.4\ \Omega$ 。同主绕组在空间上成 $\frac{\pi}{2}$, 相对地嵌在定子槽中。每组线圈有 4 个线圈, 也是

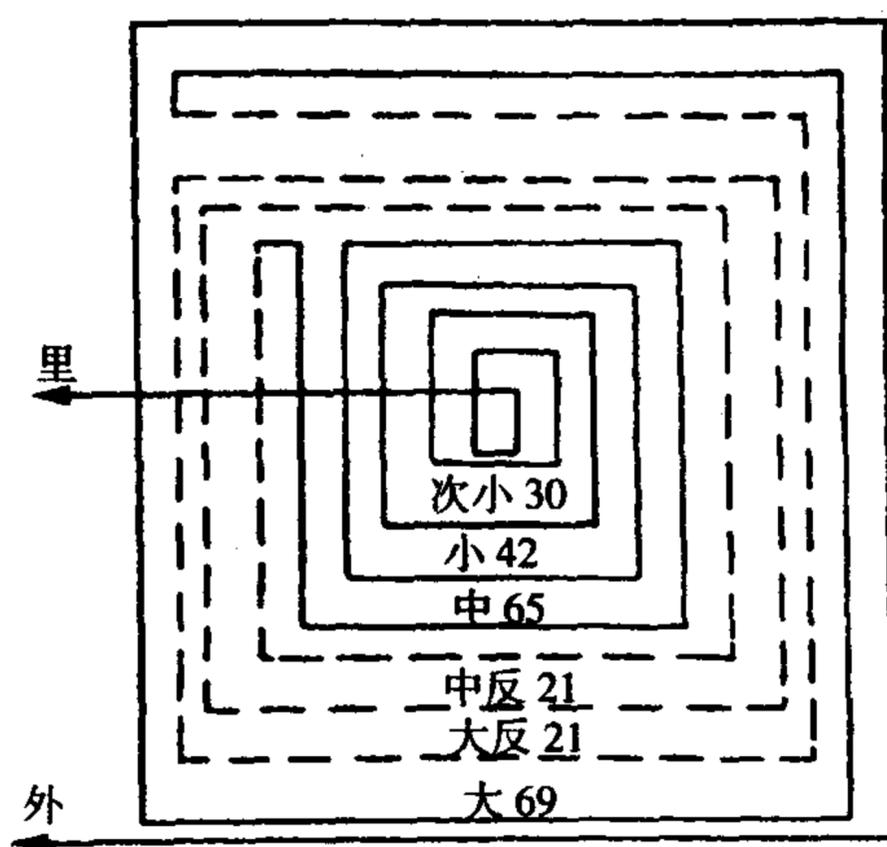


图 6-13 ZYO-1-008-01 型电动机副绕组绕法示意

同心式绕组。第一个绕圈组的最大圈 112 匝入 7~18 槽，大圈 67 匝入 8~17 槽，中圈 55 匝入 9~16 槽，小圈 50 匝入 10~15 槽；第二个线圈组的最大圈入 6~19 槽，大圈入 5~20 槽，中圈入 4~21 槽，小圈入 3~22 槽。

在定子槽中，第 6、7、18、19 槽只嵌副绕组线圈，第 23、24、1、2 槽和第 11、12、13、14 槽只嵌主绕组线圈，其余槽内主、副绕组线圈都有，而且先嵌入主绕组线圈，后嵌入副绕组线圈。在绕组重绕时，主、副绕组线圈的分布方法不能改变，否则会影响启动和运转性能。

从图 6-11 中还可以看出，每个主绕组线圈都是从左边的槽口穿入，从右边的槽口穿出，通入单相交流电后，定子内侧上下产生一对变化的磁极，如果上面是 N 极，下面就是 S 极；上面是 S 极，下面就是 N 极。每个副绕组都是从上边的槽口穿入，从下边的槽口穿出，通入单相交流电后，定子内侧产生一对变化的磁极；如果左面是 N 极，右面就是 S 极；左面是 S 极，右面就是 N 极。

中、小型空调器压缩机电动机的绕线方法及定子的嵌线方向，与电冰箱压缩机电动机基本一样，不同的是空调器压缩机电动机的主

绕组一般是双线并绕，副绕组是单股线绕制。图 6-14 为日立 MX222 空调器压缩机电动机定子绕组下线方向和绕法示意图，图 6-15 为定子绕组嵌线展开图。主绕组和副绕组每组线圈的匝数与每组的总匝数具有一定的比例关系，定子为 24 槽，主绕组总匝数为 700 匝，每组线圈的总匝数为 350 匝，每组由 5 个线圈连绕，而每个线圈都是双线并绕；副绕组的总匝数 224 匝，每组线圈的总匝数为 112 匝，每组由 4 个单股线线圈连绕。

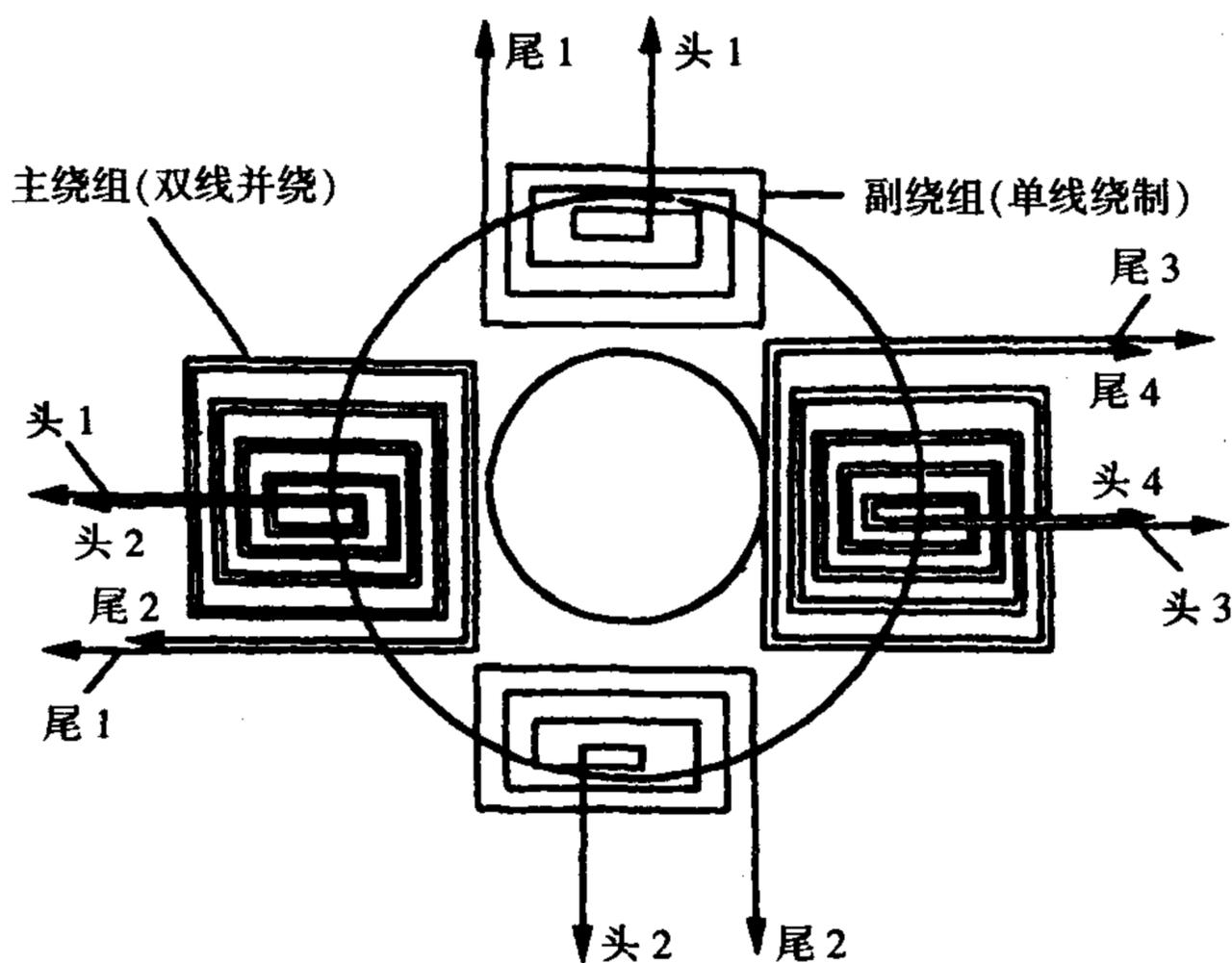


图 6-14 日立 MX222 空调压缩机电动机
定子绕组下线方法和绕法示意

主绕组	{	大圈 1~12 为 $49 \times 2 = 98$ 匝, 占 26.8%
		中圈 2~11 为 $43.7 \times 2 = 87.4$ 匝, 占 25%
		小圈 3~10 为 $38 \times 2 = 76$ 匝, 占 21.4%
		次小圈 4~9 为 $28.8 \times 2 = 57.6$ 匝, 占 16.5%
		最小圈 5~8 为 $18 \times 2 = 36$ 匝, 占 10.3%

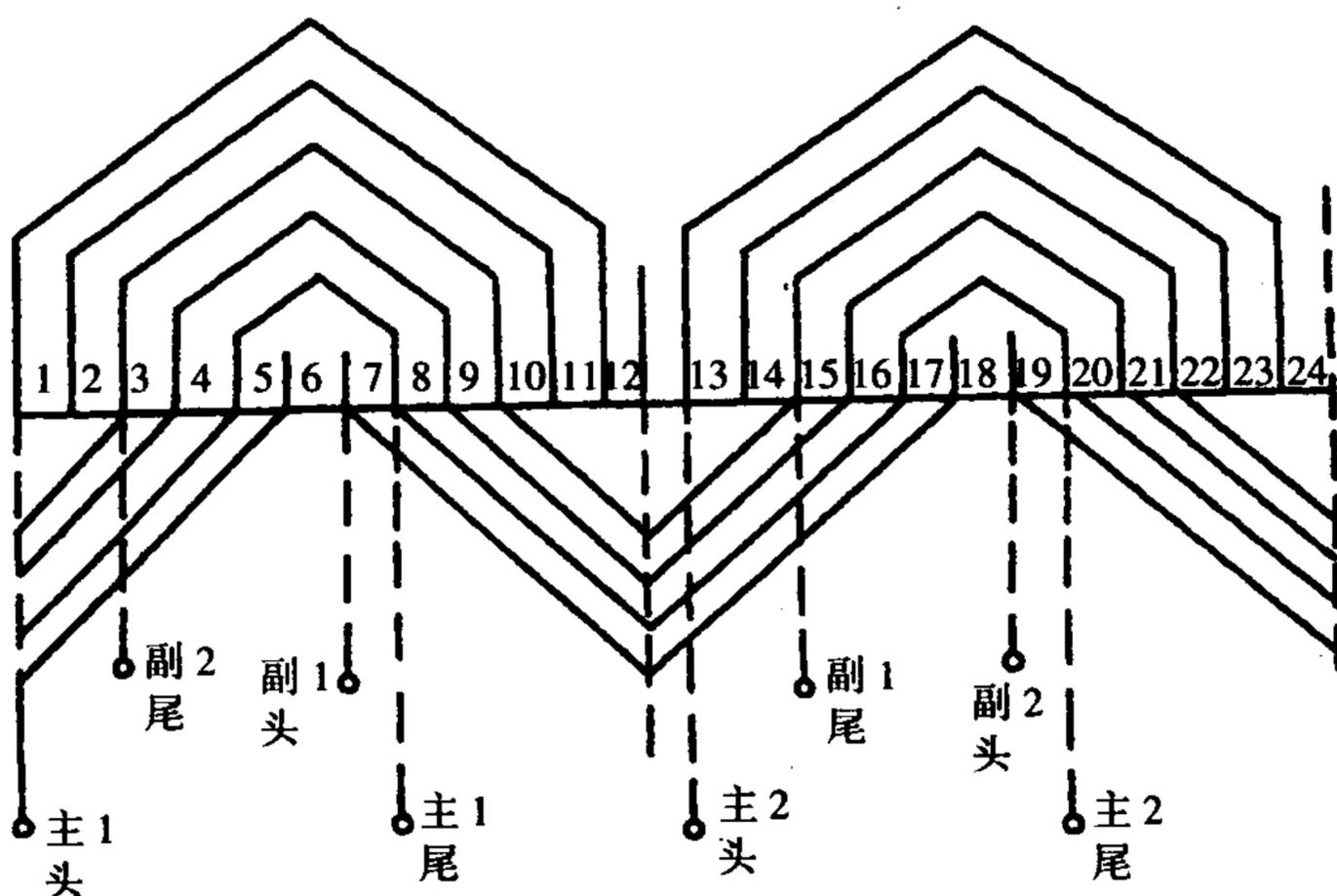


图 6-15 日立 MX222 空调压缩机电动机定子嵌线展开

副绕组 {

- 大圈 7~18 为 33.48 匝, 占 29.9%
- 中圈 8~17 为 31.36 匝, 占 27.8%
- 小圈 9~16 为 26.88 匝, 占 24%
- 次小圈 10~15 为 20.5 匝, 占 18.3%

三、压缩机电动机常见故障及维修

电冰箱和空调压缩机电动机常见故障及排除方法见表 6-4。

表 6-4 电冰箱、空调器压缩机电动机常见故障及排除方法

故障现象	故障原因	排除方法
接通电源后, 压缩机不能启动	(1) 电动机启动(副)绕组断路 (2) 压缩机负荷过重 (3) 压缩机抱轴或卡住	(1) 应重绕启动绕组线圈 (2) 降低负荷 (3) 调整压缩机轴承或加润滑油
压缩机启动后, 严重过热	(1) 电动机绕组短路 (2) 电动机线圈接地	(1) 拆除电动机绕组, 重新绕制, 修复电动机 (2) 拆开电动机, 排除接地点或重新绕制线圈

续表

故障现象	故障原因	排除方法
接通电源,电动机不转,也没有“嗡嗡”声	电动机绕组短路	重新绕制绕组
压缩机启动绕组断不开	(1)压缩机线路接错 (2)压缩机启动运行绕组短路 (3)压缩机卡死	(1)及时更正错误线路 (2)更换启动绕组 (3)给压缩机润滑部件添加润滑油
压缩机工作时,运行噪声大	压缩机连杆的轴瓦与曲轴颈之间间隙过大	先调整,如不能调好二者间隙时应更换磨损严重的轴瓦

第三节 吸尘器电动机

一、吸尘器电动机结构

吸尘器利用电动机带动风机高速旋转,在其内部产生负压来吸收灰尘、垃圾。吸尘器按外形可分为立式、卧式、杆式、背负式、强力罐式等,但基本结构及工作原理差异不大。对吸尘器电动机的最主要要求是转速高,一般家用吸尘器电动机转速为 19000~23000 r/min。除了少数微型吸尘器采用直流永磁电动机外,一般采用单相串激电动机。吸尘器电动机的输入功率为 100~1500 W,效率为 30%~75%。

电动机和风机是吸尘器的核心部件,它们组装在一起,电动机的转轴也就是风机的轴,如图 6-16 所示。风机是离心式,工作时在电动机驱动下逆时针方向高速旋转,在叶轮中心形成负压,使滤尘部中的空气被吸入风机。吸尘器电动机结构如图 6-17 和图 6-18 所示。电动机由外壳、定子、电枢、电刷、轴承等组成。电动机为开启式结构,定子为二凸极式。为实现通风冷却,定子冲片极心线上留有通

风孔,四方周围上也冲有一部分孔,以便装入机壳后形成气流通道。电枢上装有一个平衡环,以供校正动平衡。由于吸尘器电动机转速很高,电刷磨损较快,故其电刷较长。

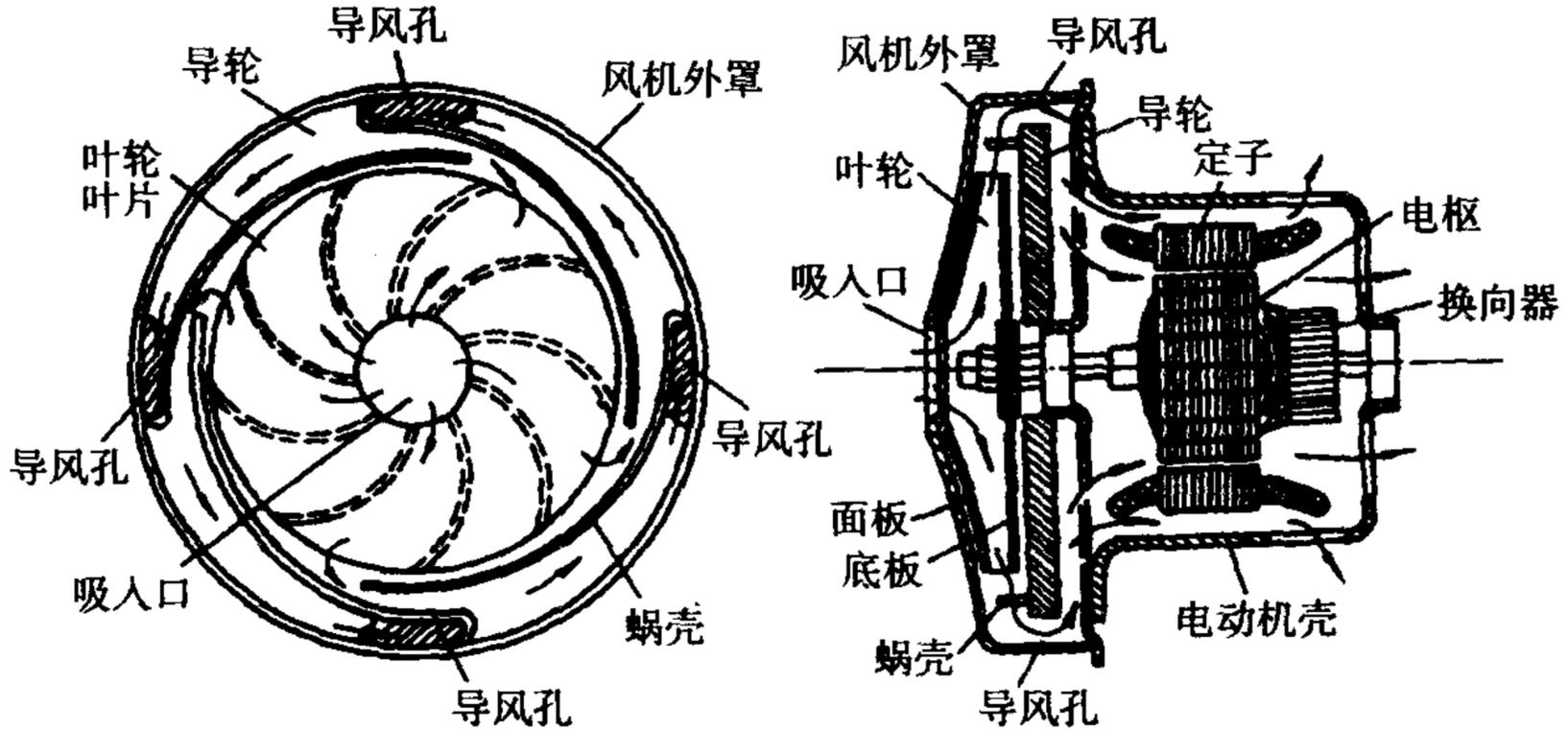


图 6-16 吸尘器电动机和风机的装配

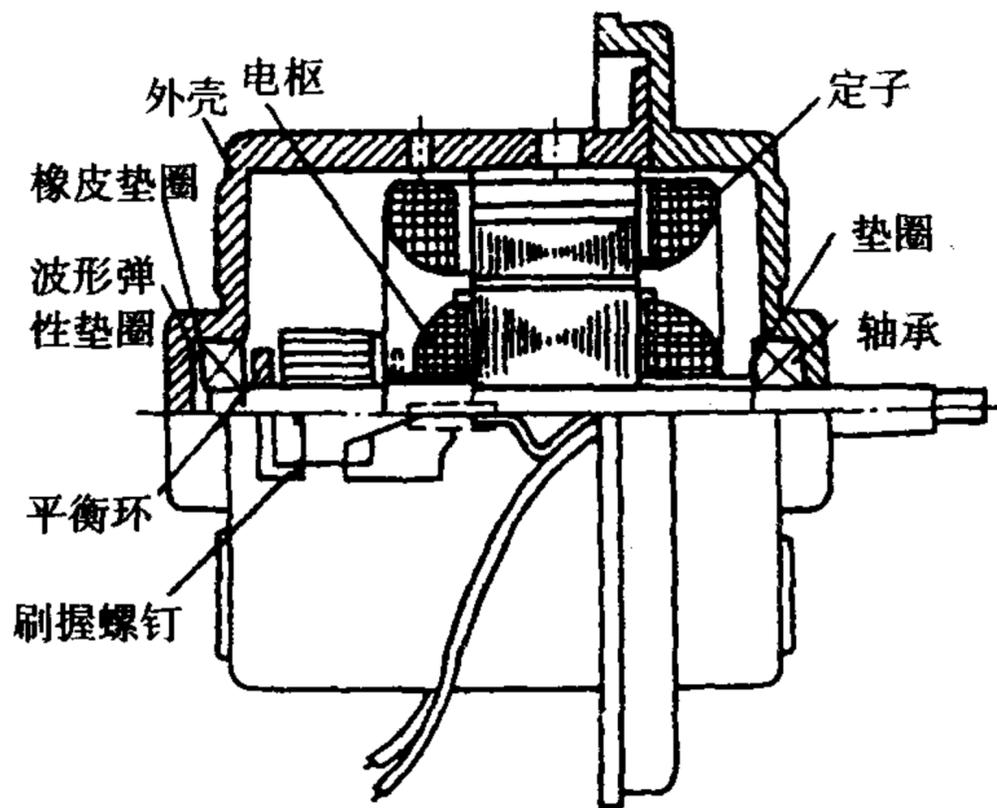


图 6-17 吸尘器电动机结构

图 6-19 所示的吸尘器电动机电枢铁芯上有 12 个槽,每个槽内有 2 个线圈,换向器上有 24 个换向片。电枢绕组的绕制有叠绕式和对绕式两种,吸尘器的串激电动机一般采用叠绕式。电枢铁芯有单

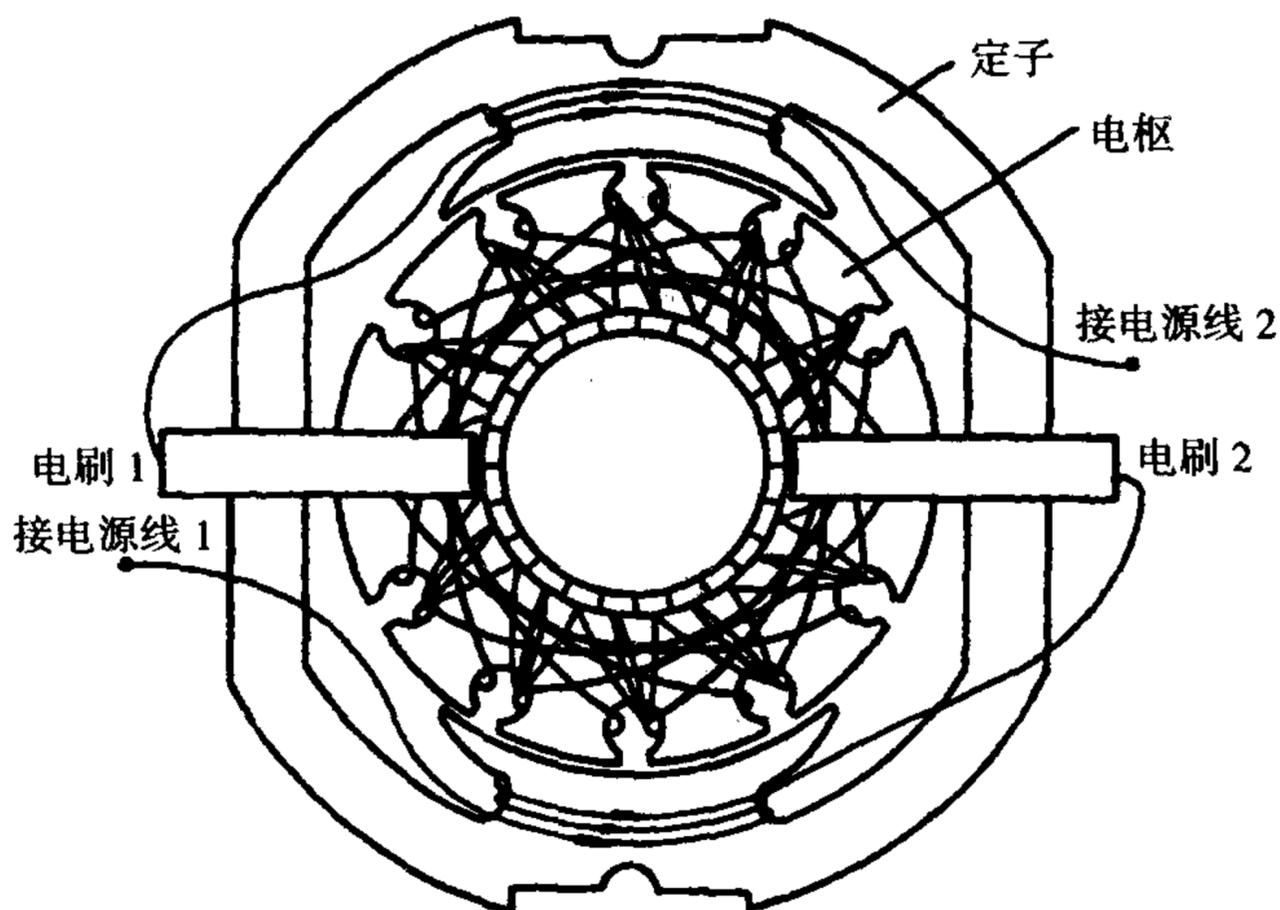


图 6-18 吸尘器电动机绕线

数槽和双数槽两种,因而绕组有单数槽叠绕式和双数槽叠绕式,它们除槽距不同外,绕制工艺完全相同。

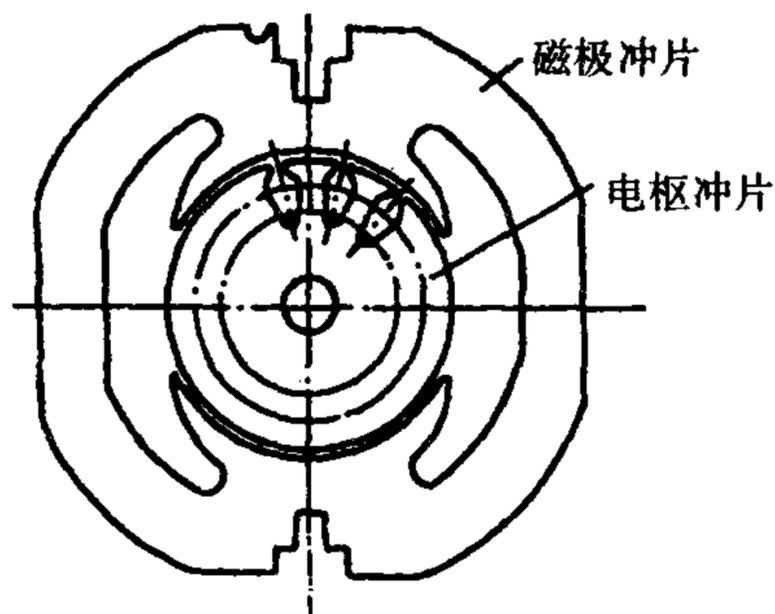


图 6-19 吸尘器电动机冲片

电刷结构如图 6-20 所示,由刷握、炭刷条(即电刷)、软弹簧等组成。刷握安装在电动机外壳上,炭刷条和软弹簧装在刷握里,炭刷条在软弹簧的作用下压在换向器上。软弹簧特别长,当炭刷条磨短后,它的弹力基本保持不变。炭刷条同刷握之间有 $0.15 \sim 0.2 \text{ mm}$

的间隙,使炭刷条能自由伸缩。

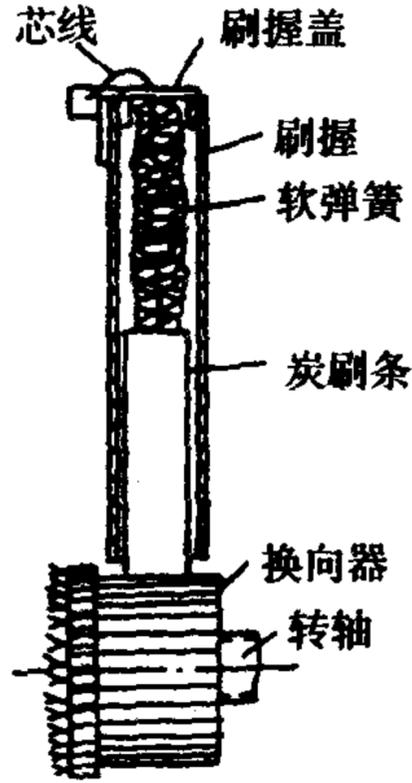
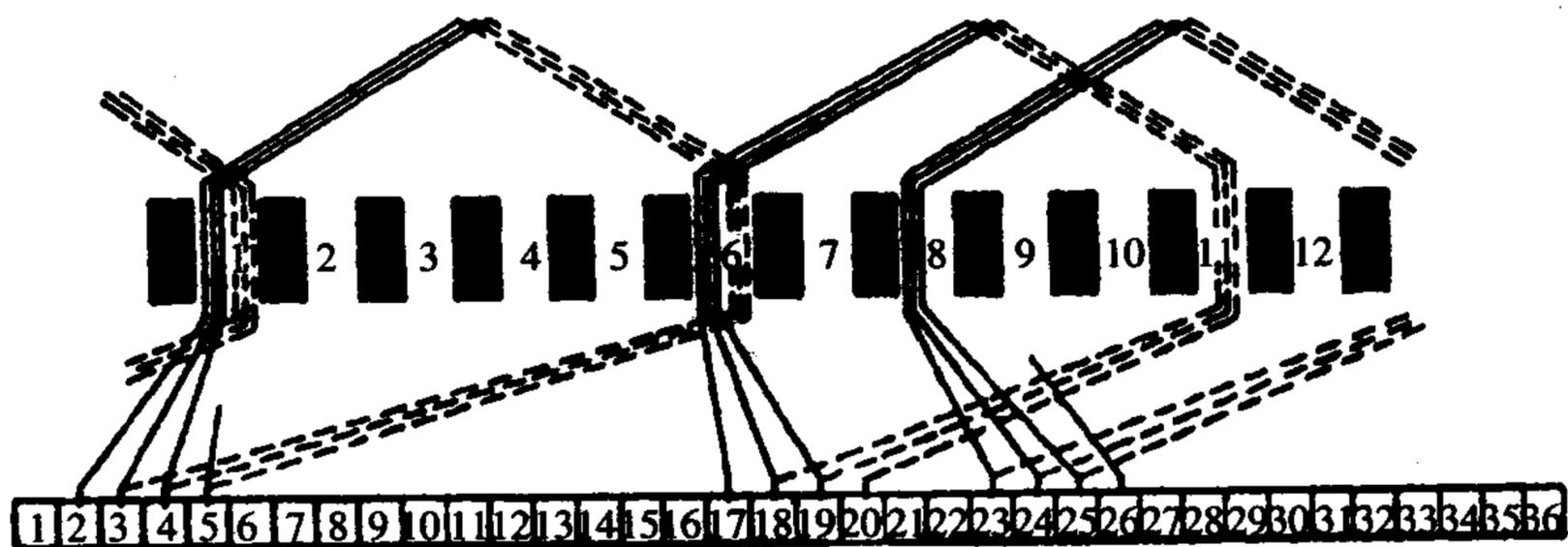


图 6-20 电刷结构

常用的吸尘器用单相串激电动机的绕组数据见表 6-5,部分绕组展开见图 6-21、图 6-22 所示。

表 6-5 吸尘器电动机的绕组数据

型号	WA-4A	BTX-11B	TX8A-62	VC620	TX8A-80	TX8A-100	WX-10A
功率/W	170	370	620	620	800	1000	1000
电压/V	220	220	220	220	220	220	220
定子	外径/mm	56	63	88	88	95	95
	内径/mm	31	34	47	47	48	48
	铁芯长度/mm	35	16	21	21	28	34
	线径/mm	0.31	0.44	0.5	0.5	0.6	0.7
	每极匝数	297	192	160	160	200	160
转子	槽数	9	12	22	22	12	12
	换向片数	27	24	22	22	24	24
	线径/mm	0.21	0.31	0.35	0.35	0.4	0.5
	每线圈匝数	44	25	24	24	18	18



图中虚线为下层线圈,实线为上层线圈

图 6-21 400 W 电动机电枢绕组展开图

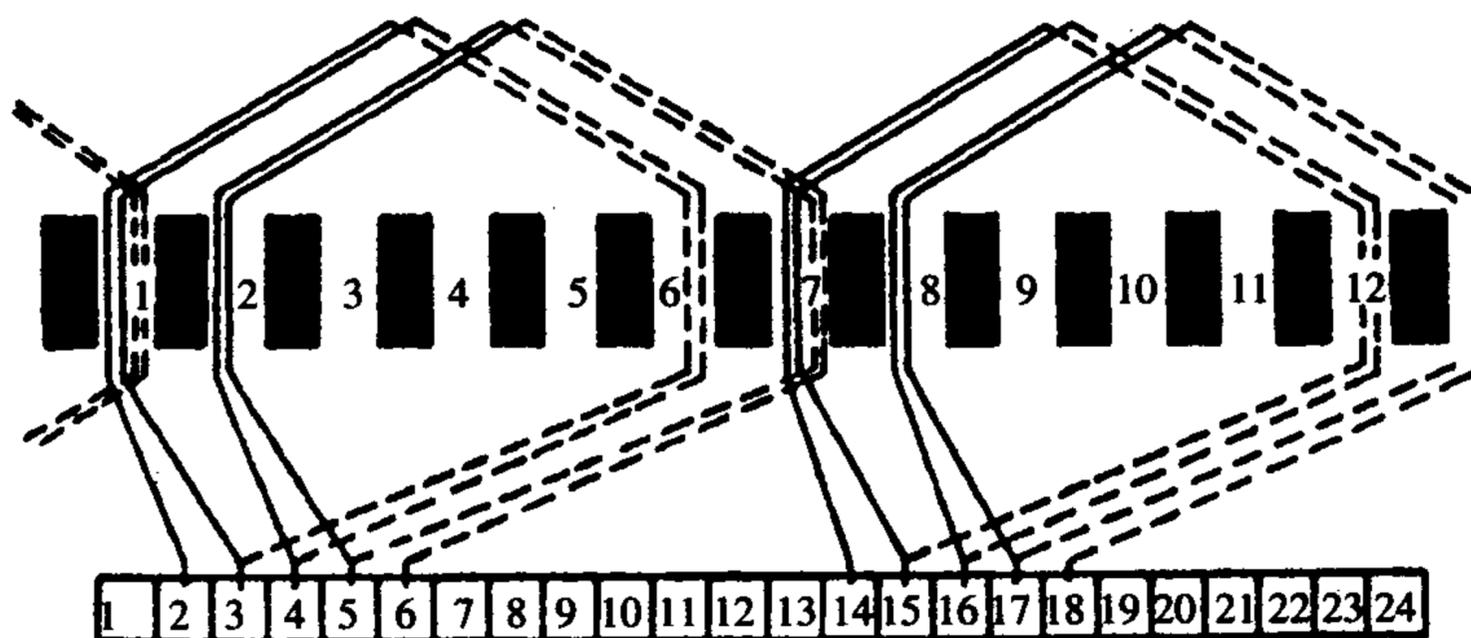


图 6-22 800 W 电动机电枢绕组展开图

二、吸尘器电动机拆装

1. 电刷拆装

(1) 拆卸

吸尘器电动机的两个电刷和滑环一般安装在定子两极的中性面上。图 6-23 是其中一个电刷的分解图。电刷的拆卸程序如下：

- ①用电烙铁从芯线焊片上焊下炭刷条的芯线。
- ②把刷握盖两边的铜片撬起,向上提起刷握盖及软弹簧和炭刷条。
- ③用电烙铁烫刷握盖中心,取下刷握盖,从芯线上取下软弹簧。

①把软弹簧套在芯线上。由于软弹簧很长,可以用细绳把芯线接长,把软弹簧套进后再拆去细绳。

②让芯线穿过刷握盖的中心孔,并用电烙铁把芯线焊在中心孔上。

③把炭刷条和软弹簧放入刷握里,把刷握盖扣压在刷握的上端,向下弯刷握盖两边的铜片,并把它紧扣在刷握两边的小铜片上。

④用电烙铁把芯线头焊在芯线焊片上。由于芯线焊片是同定子绕组焊片直接相连的,这就保证了定子绕组同炭刷条连接牢靠。

⑤两个电刷都装好后,用多用表 $R \times 1$ 挡,测量两个电刷间的电阻:转动转轴,如果电阻基本不变,大约 4Ω (600 W 吸尘器),说明电刷装好了。

2. 电动机拆装

电动机和风机组装在一起,其分解如图 6-24 所示。要拆修电动机时,要先拆卸风机,再拆卸电动机。

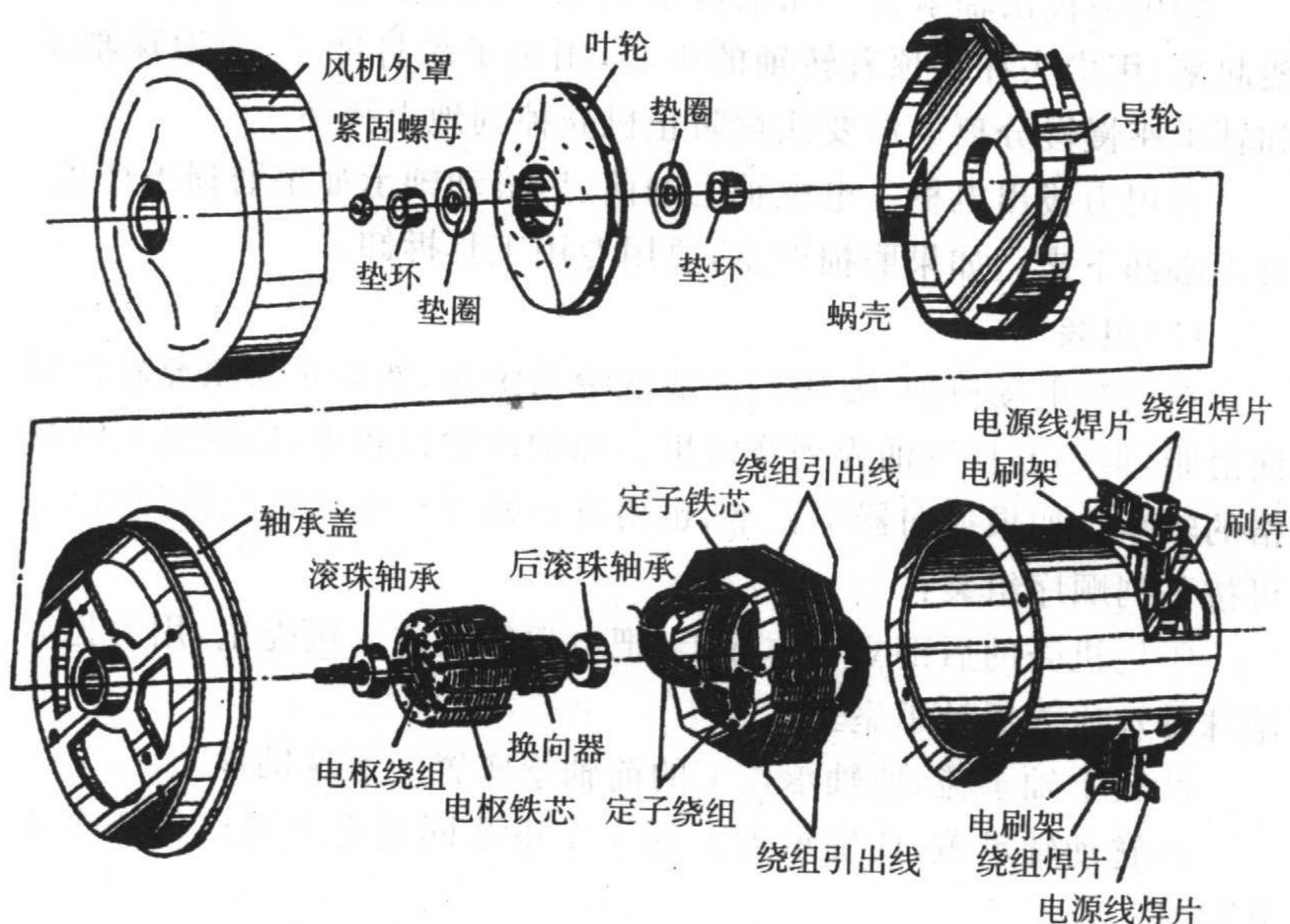


图 6-24 吸尘器的风机和电动机的分解

(1) 拆卸

①由于风机外罩是用压力扣在轴承盖上的,只要用一字螺丝刀就能一点一点地把它撬开,然后取下风机外罩。

②左手握紧叶轮,右手用扳手拧下紧固螺母,依次取下垫环、垫圈、叶轮、垫圈、垫环等,并取下导轮。

③卸下电刷,用电烙铁焊下定子绕组两个线圈的4个引线接头。

④拆卸轴承盖。轴承盖和机壳有的是用4只铆钉铆合在一起的,拆开后组装,不容易使定子和电枢精确同心。为了组装时定子和电枢有较好的同心度,可采用以下两种方法拆卸:一是在离4个铆钉约5mm处,用台钻钻4个孔,作为将来组装用的孔。然后再用台钻把原来的铆钉钻掉。一是在原来的4个铆钉中心,用尖头冲子冲个小眼,然后用台钻对准小眼把铆钉钻掉。第二种方法需要特别小心,如果把握不大,采用第一种方法保险。

⑤用力拔出轴承盖。如果拔不出来,可以用两块木板把轴承盖架起来,用尖头冲子顶着转轴的中心,用锤子敲打冲子,使滚珠轴承和轴承座慢慢分离。但要注意防止机壳掉到地上摔坏。

⑥用力拔出电枢。电枢轴上的前、后滚动轴承如果磨损不严重,可不必卸下来。如果磨损严重,要用专用工具拆卸。

(2) 组装

在组装电动机前,要用汽油清洗滚动轴承,然后重新填充新优质润滑脂,但不要将汽油弄到绕组里。如轴承磨损较重,应该换上同规格的轴承。如果换向器不正常,也要进行修理。电动机检修完成后,可按下列顺序组装:

①把机壳的后部立在木板上,把电枢轻轻放入机壳里,用力把后滚珠轴承压入后轴承室里。

②盖上轴承盖,使轴承盖上的前轴承座置于滚珠轴承上。

③转动轴承盖,使轴承盖上的4个小孔同机壳上对应的4个小孔对准。

④为了检修方便,轴承盖和机壳可改用4副螺钉螺母紧固。螺

钉要从轴承盖那边穿入,螺母在机壳那边旋紧,以免妨碍导轮的安放,并要垫入平垫圈和弹簧垫圈,防止松动。在安装螺钉、螺母过程中,要注意电枢和定子之间间隙的均匀,转动轴承时应自如。可用敲击轴承盖的方法调整电枢位置,待电枢位置调好后,再拧紧螺钉。如果仍用铆钉铆合,也要暂时用螺钉、螺母紧固,待试运转正常后再用铆钉铆合。铆合的时候,要拆下一个螺钉,铆一个铆钉,以保证电枢和定子的相互位置。

⑤装好两个电刷。

⑥把定子绕组两个线圈的4根引出线,分别焊接在对应的4个绕组焊片上。用多用表 $R \times 1$ 挡,测量两电源线焊片之间的电阻(定子绕组和电枢绕组串联电阻),应为 10Ω 左右(600 W吸尘器)。用500 V兆欧表测量绕组同外壳之间的绝缘电阻,应大于 $2 M\Omega$ 。

⑦电动机组装好并初步检测后,用卡子把电动机固定在工作台上或台钳上,用110 V电源做空载试运转。由于这时是空载运行,又没有风机鼓风冷却,不能使用220 V电源,否则会超速旋转,转速可达 $40\,000 \text{ r/min}$,容易损坏电动机。如果只有220 V电源,每次只能通电几秒钟,判断电动机能否启动运转,并且运转方向是否正确等,以防止损坏电动机。

如果通电后有“嗡嗡”声,但不能启动,可能是定子绕组有一个线圈的穿入穿出方向搞错了。可以先调换一个线圈的两根引出线,如果电动机启动、运转且转动方向正确就可以了。如果转动方向相反,把这个线圈的两根引出线对调,再把另一个线圈的两根引出线也对调就可以了。

⑧空载试运行后,可以装上风机,用220 V电源做满载试运转。在满载试运转的过程中,要注意观察电火花的情况。在炭刷条的后边缘产生一些电火花是正常的,但在后边缘大部分或全部有强烈电火花是不正常的,可能是定子绕组或电枢绕组短路,也可能是电枢绕组断路或接线错误。如果出现跨越两个电刷的电火花(环火),一般是电枢绕组严重断路或短路。电火花过大或出现环火,要重新检查

定子绕组和电枢绕组。

⑨试运转正常后,就可把电动机和风机装回到吸尘器里使用。

三、吸尘器电动机常见故障及维修

吸尘器的常见故障,如在运行中出现通电时电动机不启动、不运转、吸尘效果不佳或不能吸尘、无吸力,吸尘器易发热、有异常声响和振动,吸尘器开关、管路及电刷易损坏等故障,如不及时排除,不仅不起吸尘作用,还会导致零部件加速损坏或电动机烧坏。

1. 吸尘器电动机常见故障原因及排除方法

吸尘器电动机的常见故障原因及排除方法见表 6-6。

表 6-6 吸尘器电动机的常见故障及排除方法

故障现象	故障原因	排除方法
电动机不启动	(1)电动机定、转子绕组断路 (2)电刷与换向器接触不良 (3)轴承过紧,使电枢不能转动 (4)轴承损坏 (5)定子、转子铁芯间有杂物卡住 (6)电刷位置不在中线上	(1)用多用表检查,无法修复的应重绕 (2)研磨电刷,使电刷与刷握间隙为 0.15~0.2 mm,电刷与换向器表面接触面积应在 80%左右。无效的应更换电刷 (3)更换轴承或检查端盖配合是否合适 (4)换上同型轴承 (5)清除杂物,调整气隙 (6)调整电刷位置
接上电源,一合闸熔断器就断	(1)定子、转子绕组严重短路 (2)换向器短路 (3)定子、转子绕组或电刷刷握严重接地 (4)电枢卡住或严重扫膛,转子不能转动 (5)电刷刷握短路	(1)检修或重绕绕组 (2)清除换向片间导电粉尘,或更换换向器片间绝缘和 V 形环绝缘 (3)查出接地点,加强绝缘 (4)检查轴承、电动机的装置,清除定转子气隙间杂物,更换损坏的轴承 (5)检修或更新

故障现象	故障原因	排除方法
电动机运转, 但吸尘力不足	(1)电动机转速低 ①弹簧力不足或压力过大 ②轴承润滑不良 ③电刷刷握松动移位 ④定、转子绕组局部短路、接地 (2)电动机电枢(转子)反转 (3)风扇与电动机连接不好而打滑 (4)风扇叶片受阻	(1)处理方法 ①测弹簧张力后,调整 ②清洗后,更换润滑弹簧脂 ③调好后,固定 ④检修 (2)改变励磁与电枢绕组串联的极性 (3)重新连接并紧固好 (4)清理阻碍杂物
电动机过热, 造成出风温度过高	(1)连续工作时间长 (2)电刷弹簧压力过大 (3)电枢绕组线圈接反 (4)润滑脂干涸或轴承严重磨损 (5)定、转子绕组,换向器,电刷座短路或接地 (6)换向器有强烈火花 (7)电刷架松动,使刷位变化	(1)按铭牌给出的暂载率使用 (2)调整弹簧压力,使其符合要求 (3)检查后重新正确接线 (4)清洗轴承后加润滑脂,或更换轴承 (5)检查故障点,修复或更换 (6)检查并排除故障 (7)调整电刷位,紧固刷架螺钉
产生异响噪音	(1)电动机有扫膛现象 (2)轴承严重磨损或润滑脂有杂质 (3)紧固件松动,风叶变形、松动 (4)风机叶轮压紧螺母松动	(1)检查转轴是否弯曲,轴承是否有故障,铁芯是否变形 (2)更换轴承,或清洗后加润滑脂 (3)检查后进行校正和紧固,必要时更换风叶 (4)紧固螺母

续 表

故障现象	故障原因	排除方法
吸尘器漏电	(1)绕组受潮,绕线绝缘电阻降低 (2)电源线,定、转子绕组,电刷座或换向器接地 (3)电动机内部吸入导电粉尘或受潮	(1)进行烘干 (2)修复接地点,加强绝缘或换新件 (3)彻底清除内部脏物,烘干处理
电刷火花大,对家用电器工作干扰严重	(1)电刷不在中性线上 (2)换向器云母片突出 (3)弹簧压力不合适 (4)换向器表面有缺陷 (5)电刷与刷握配合不良 (6)电枢不平衡 (7)电刷严重磨损	(1)调整并固定电刷 (2)清除突出的云母片 (3)调整弹簧压力 (4)用细砂布打磨 (5)打磨电刷 (6)检查不平衡原因,必要时进行动平衡 (7)更换电刷

2. 吸尘器电动机的测试

(1)对于常用的 12 槽 600 W 吸尘器电动机,其定子绕组的每个线圈阻值约 $3\ \Omega$,如果测量定子线圈,其中一个线圈不通,则该线圈断路;如果电阻小于 $3\ \Omega$,说明有短路故障。

(2)测量相邻两换向片间的电阻,如为十几欧,说明这两换向片相接的线圈断路;测量两个相邻换向片间的电阻,如为 $0.7\ \Omega$,说明这两换向片相接的线圈短路。

(3)测量电源插头两插刃间的电阻,正常值约 $10\ \Omega$ 。一个完好的电枢绕组,如果两个电刷正好只同一片换向片相接触,测量两个电刷之间的电阻时,测量所得的电阻应该为两组 12 个线圈串联后又并联起来的电阻,12 个线圈串联起来的电阻为 $8.4\ \Omega$,两组 12 个线圈串联后又并联起来的电阻为 $4.2\ \Omega$,所以测量两个电刷间的电阻应是 $4.2\ \Omega$ 。测量电源插头两插刃间的电阻时,应是两个定子线圈的电阻和两个电刷间的电阻,可高达十几欧。

(4)测量相邻两换向片间的电阻时,测得值应该是 23 个线圈串

联后又同一个线圈并联起来的电阻值。由于 23 个线圈串联的电阻值比一个线圈的电阻值大得多,并联后的电阻值可近似等于一个线圈的电阻。

上述为 12 槽的 600 W 吸尘器的测试数据,对其他功率的吸尘器,功率大的吸尘器相应的电阻都要小一点,功率小的吸尘器相应的电阻则要大一点。

第四节 电钻的检修

一、单相电钻的结构与特性

电钻是工业上应用很广的一种电动工具。电钻大多数是单相交流直流两用的,但为了满足工作中的需要也有三相电钻。三相电钻主要是由三相笼型异步电动机及减速箱等部分组成。

1. 单相电钻的结构

单相电钻的形状如图 6-25 所示。单相电钻主要由交直流用串励式电动机、减速箱、快速切断自动复位手掀式开关、钻轧头等部分组成,如图 6-26 所示。

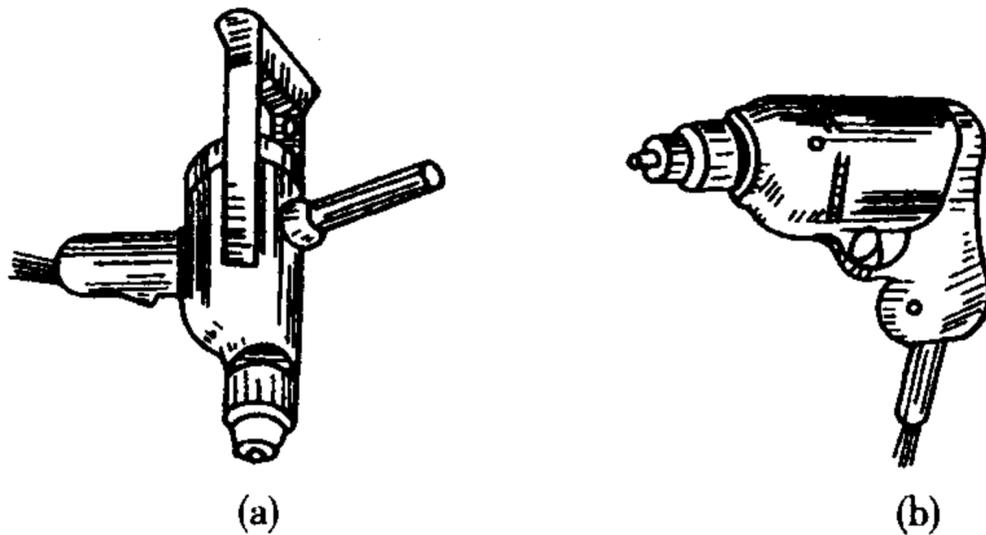


图 6-25 单相电钻的形状

2. 单相电钻的特性

单相电钻电机的转子绕组是经电刷与磁场绕组相串联的。当通入交流或直流电时,磁场绕组所产生的磁感线与转子绕组所产生的

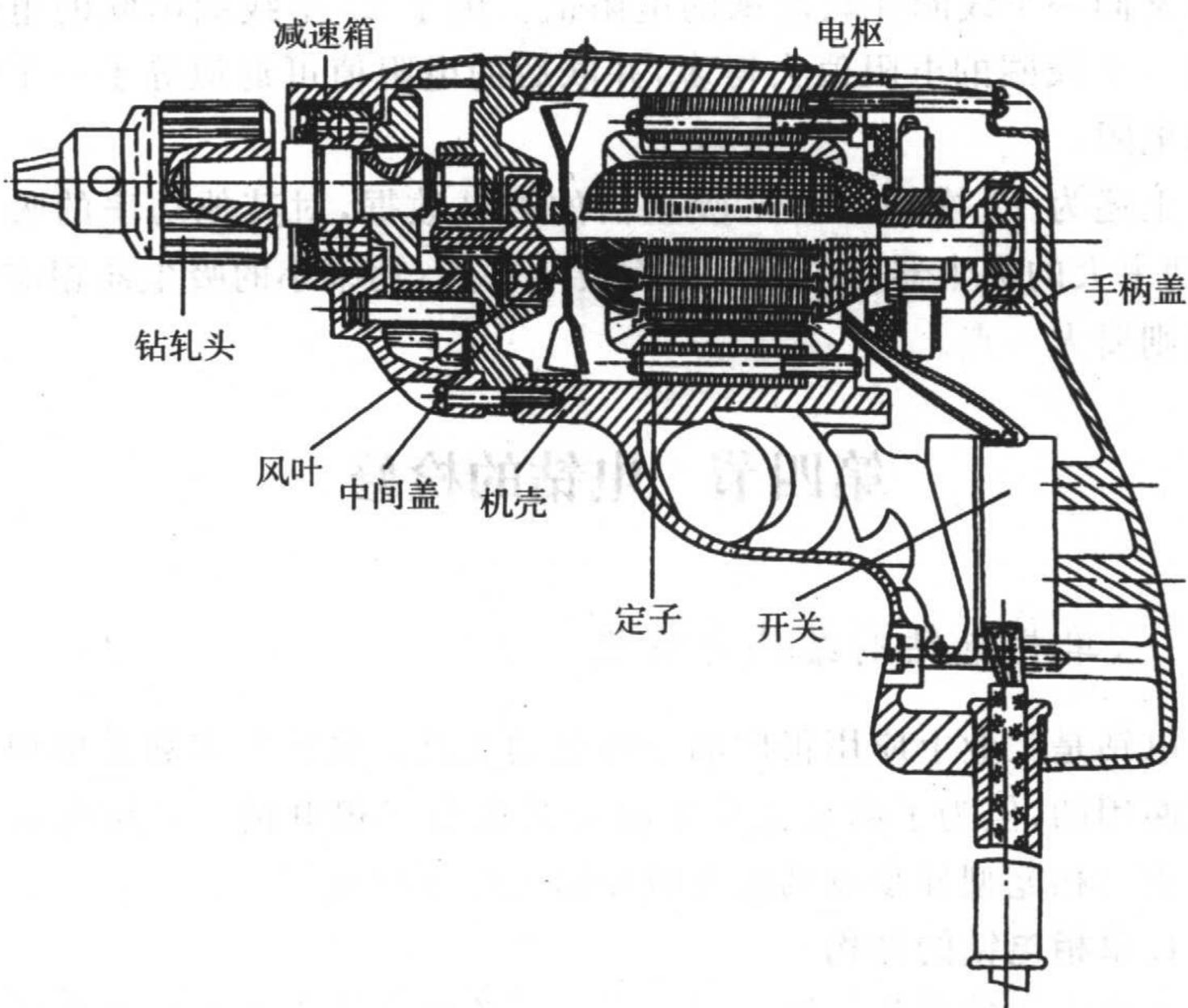


图 6-26 JIZ 型电钻结构

磁感线相互作用,产生力矩使电机旋转。

单相串励电机有很大的启动转矩和软的机械特性,因此,当负载增加时,其转速随即下降,而转矩增大。由于单相串励电机的空载转速非常高,所以电钻修复后一般不可拆下减速机构校车,以防止飞车而损坏电枢绕组。

二、单相电钻的常见故障与排除

1. 电源开关闭合后,电钻不能启动

故障可能原因及处理方法如下。

(1)电源线断路或短路。用多用表或检验灯检查,如短路或断路在线端附近,可剪去故障的那一段,如故障点在线路中间,应换一根新电源线。

(2)开关损坏或接触不良。用多用表或检验灯检查,修理或调换开关。

(3)电刷或换向器之间接触不良。调整弹簧压力,调换电刷或用干布、细砂布打磨换向器表面,以改善其接触不良情况。

(4)定子绕组断路。若断路点在绕组的引线或距引线匝数极少部位,可重焊;若线圈烧毁或距引线匝数较多部位断线,需重绕。

(5)转子绕组断路。若线头脱焊,需重焊;若断在铁芯槽内,需重绕。

(6)转子主轴轮齿磨损或齿轮箱内齿轮损坏,应重换。

2. 电钻转速慢

(1)转子绕组短路或断路。当电钻转速慢,力矩也小,换向器与电刷间产生很大火花,火花呈红色。停车后:一是用短路侦察器检查,如绕组短路,重绕绕组;二是用多用表检查换向器与绕组连接,如发现少量断路或脱焊,应连接重焊。

(2)定子绕组接地或短路。可用兆欧表检查绕组对地的绝缘电阻。严重短路时有焦臭味,并可看到绕组部分烧黑的现象。故障点在引线附近可修复,严重者应重绕。

(3)轴承和齿轮损坏。应调换轴承或齿轮。

3. 换向器与电刷间火花较大

(1)定子、转子绕组短路或断路。严重者可重绕。

(2)电刷与换向片接触不良(弹簧压力不合适,换向器表面不光滑等)。调整弹簧压力;若电刷太短,应更换电刷。打磨换向器表面。

(3)电刷规格不符。调换电刷。

(4)负载过大。若电刷本身轴承和弹簧太紧,应调整解决,若确实负载过大,应调换容量较大的电钻来代替。

4. 转子在某一位置上能启动,在另一位置上不能启动

换向器与转子绕组连接处有两处以上断头,应予以重焊。

5. 换向器发热

(1)电刷压力过大。应调整到适当压力。

(2)电刷规格不符。应更换电刷。

6. 电钻在运转时发热

(1)定子、转子绕组短路。严重时要重绕。

(2)主轴轮齿磨损或齿轮损坏。严重时要调换新齿轮。

(3)弹簧压力过大或轴承过紧。内部调整。

(4)负载过大。若确实负载过大,应调换容量较大的电钻来代替。

三、电钻的技术数据

220 V 电钻(单相串励电动机)技术数据见表 6-7。

表 6-7 220 V 电钻(单相串励电动机)技术数据

钻头规格/mm	功率/W	电流/A	转速 (电机/轧头) /(r/min)	负载率/%	定 子					
					外径	内径	长度	气隙	导线牌号 线径/mm	每极 匝数
6	80.3	0.9	12 000/870	40	61.4 60.4	35.4	34	0.3	Q ϕ 0.38	244
	80.3	0.9	12 000/870	40	60.8	35.3	34	0.35	QZ ϕ 0.31	256
		0.9	12 000/940	40	61.7 60.6	35.4	34	0.4	Q ϕ 0.31	262
10	130	1.2	10 800/540	40	73	41	40	0.35	QZ ϕ 0.38	198
	140	1.4	11 500/570	40	75	42.7	37	0.35	QZ0.41	170
13	180	1.9	9 750/390	40	84.5	46.3	45	0.4	Q ϕ 0.51	180
	185	1.8	10 000/400	40	85	46.3	45	0.35	QZ ϕ 0.51	150
	185	1.8	10 000/400	40	85	46.3	45	0.35	QZ ϕ 0.51	150
	185	1.95	10 000/400	40	84.7	46.3	45	0.425	Q ϕ 0.51/ ϕ 0.56	164
19	330	3.0	9 000/268	40	95	54	48	0.45	Q ϕ 0.72	120
	440	3.6	9 000/330	60	102	58.7	46	0.5	QZ ϕ 0.77/ / ϕ 0.83	100
13	204	2.2	8 500/442	60	95	50.9	41	0.3	QZ ϕ 0.51	140
16	240	2.5	8 500/333	60	95	50.9	46	0.3	QZ ϕ 0.62	140

钻头规格 /mm	铁芯						转 子					电刷		
	线圈尺寸						槽数	导线牌号 线径 /mm	每槽 导线 数	元 件 匝 数	绕 组 节 距	换 向 片 数	牌号	尺寸 /mm
	外宽	外长	内宽	内长	厚 高	内 圆 角								
6	45.5	52	35.5	42	6	3	9	QZ ϕ 0.23	252	42	1~5	27	DS-74B	6.5×4.3
	46	55	31	41	6	DS-8							6×4.3	
	48	54	36	42	6	DS-83							6.5×4.3	
10	58	61	43	46	7		12	QZ ϕ 0.27	156	26	1~6	36		12×5
	48.5	55	36.5	43	6		13	QZ ϕ 0.29	144	24	1~7	39		4×8
13	63	74	43	54	8	4	12	QZ ϕ 0.38	132	22	1~6	36	DS-8	12×5
	60	70	44	52	8	4		QZ ϕ 0.35	138	23				
	60	70	44	53	8									
	63	74	43	54	8	4								
19	70	74	58	58	8	6	15	QZ ϕ 0.51	84	14	1~7	45	DS-74B	15.5×5
13	76	72	59	55	8.5			QZ ϕ 0.41	72	12				DS-8
16	51	56			9		13	QZ ϕ 0.35	120	20	1~7	39	DS-8 DS-14	12×5
	51	62			9			QZ ϕ 0.41	102	17				

注：转子绕组型式均为双层叠绕。

四、电钻的修理

1. 电钻的使用与维护

(1) 为保证安全和延长使用寿命,电钻应定期检查保养。长期搁置不用的电钻,使用前应用 500V 兆欧表测量绝缘电阻,其值应不小于 0.5 M Ω 。

(2)在一般场所,电压的安全值为 36 V。凡电压超过安全值、非双重绝缘且带有金属外壳的电钻,使用时必须要有防触电措施。

(3)线路电压不应超过电钻额定电压的 $\pm 10\%$,以免电钻损坏。

(4)钻头必须锋利。钻孔时不宜用力过猛,以防过载。电钻因故突然堵转时,必须立即切断电源。

(5)手提电钻时,应握持其手柄,不能利用其电缆提拉,并防止电缆被擦破或轧坏。

(6)交、直流两用电钻的换向器应特别注意保养,电刷弹簧的压力适当,电刷磨损到不能使用时(约 5 mm 长),应及时调换;如发生严重火花,必须立即检查修理。

2. 绕组的重绕

在拆除绕组前与拆除过程中应记录以下数据:转子绕组节距;定、转子每只绕组的匝数;定、转子绕组导线牌号与线径;转子绕组与换向器焊接位置;定子绕组引出线位置;定子绕组尺寸;电刷架位置。

(1) 定子绕组的重绕

将定子绕组取出后,用两块木板夹住,然后用台虎钳压平,拆去纱带等绝缘物,量出绕组模的尺寸,数清匝数,量出导线线径,再重绕新绕组。

接线时应注意两极绕组的极性相反,一般采用尾接尾方法,如图 6-27 所示。接好后,在磁极中间放一只铁钉,然后接入低压电,如果铁钉立起来表示接线正确,如图 6-28 所示,否则表示接线错误。

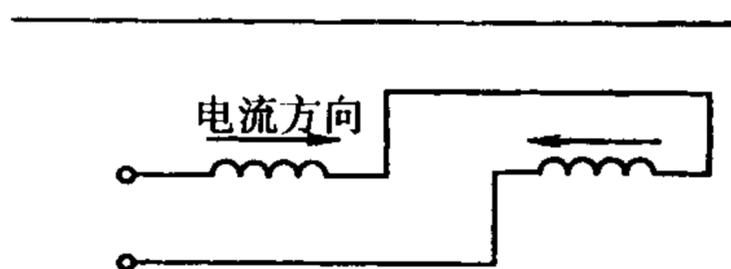


图 6-27 两个电流方向相反绕组的连接

(2) 转子绕组重绕

经绝缘处理后的转子绕组非常坚硬,拆除时比较困难,所以,应

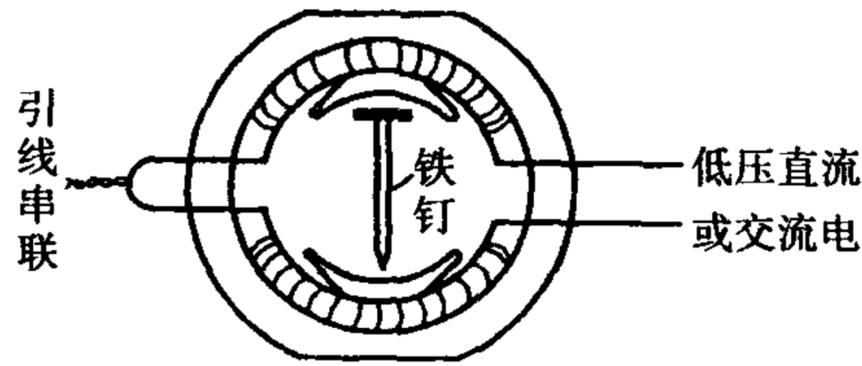


图 6-28 接入电源后铁钉正确位置

加热拆除。拆除以后再进行绕线。

绕线顺序如图 6-29 所示。但这种绕法,转子绕组端部不对称,易造成转子不平衡。另一种绕线顺序是,槽号按 1-5、5-9、9-4、4-8、8-3、3-7、7-2、2-6、6-1 绕制,此时端部平整,平衡性好。但工艺较复杂,接地也不方便。

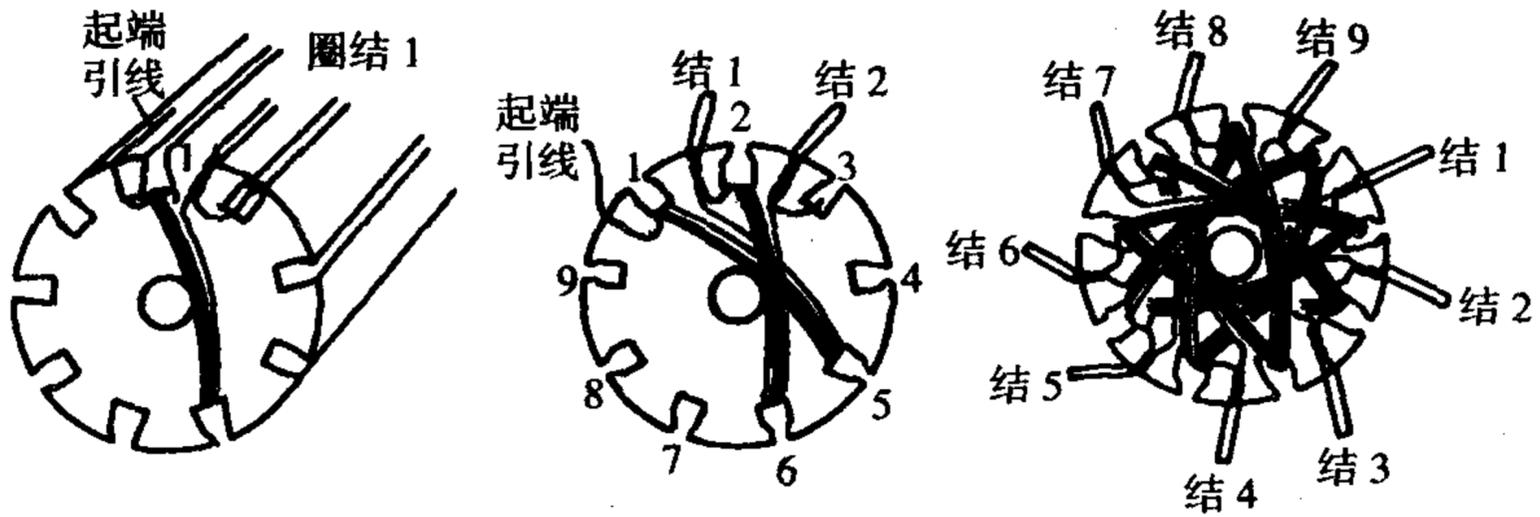


图 6-29 有 9 个槽的电枢绕组绕制步骤

在绕制过程中,当每一绕组绕到应有匝数时,把导线抽出槽外,将两根线扭成一个“麻花”形,如图 6-30 所示,即完成了抽头工作。为了区别同一槽内接线头的先后,可把接线头套入不同颜色的套管,或将接线头做成不同长度,以便区别。

在焊接过程中,应注意绕组出线及焊接位置,一般引线头有三种,如图 6-31 所示,其中图 6-31c 是较常用的。修复时应根据原来拆除时记录数据焊接。焊接线头姿势如图 6-32 所示,把引线焊到换向器上烙铁应该稍稍向上提起一点,焊接线头时用松香焊剂较好。全部焊完后,用刀将冒出槽外的线头切掉,再将换向器片间的焊

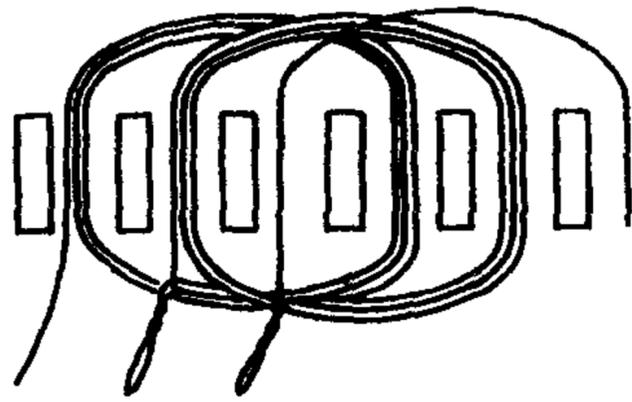


图 6-30 抽出接线头扭成“麻花”形
锡刮清。最后在引出线部位上扎线。

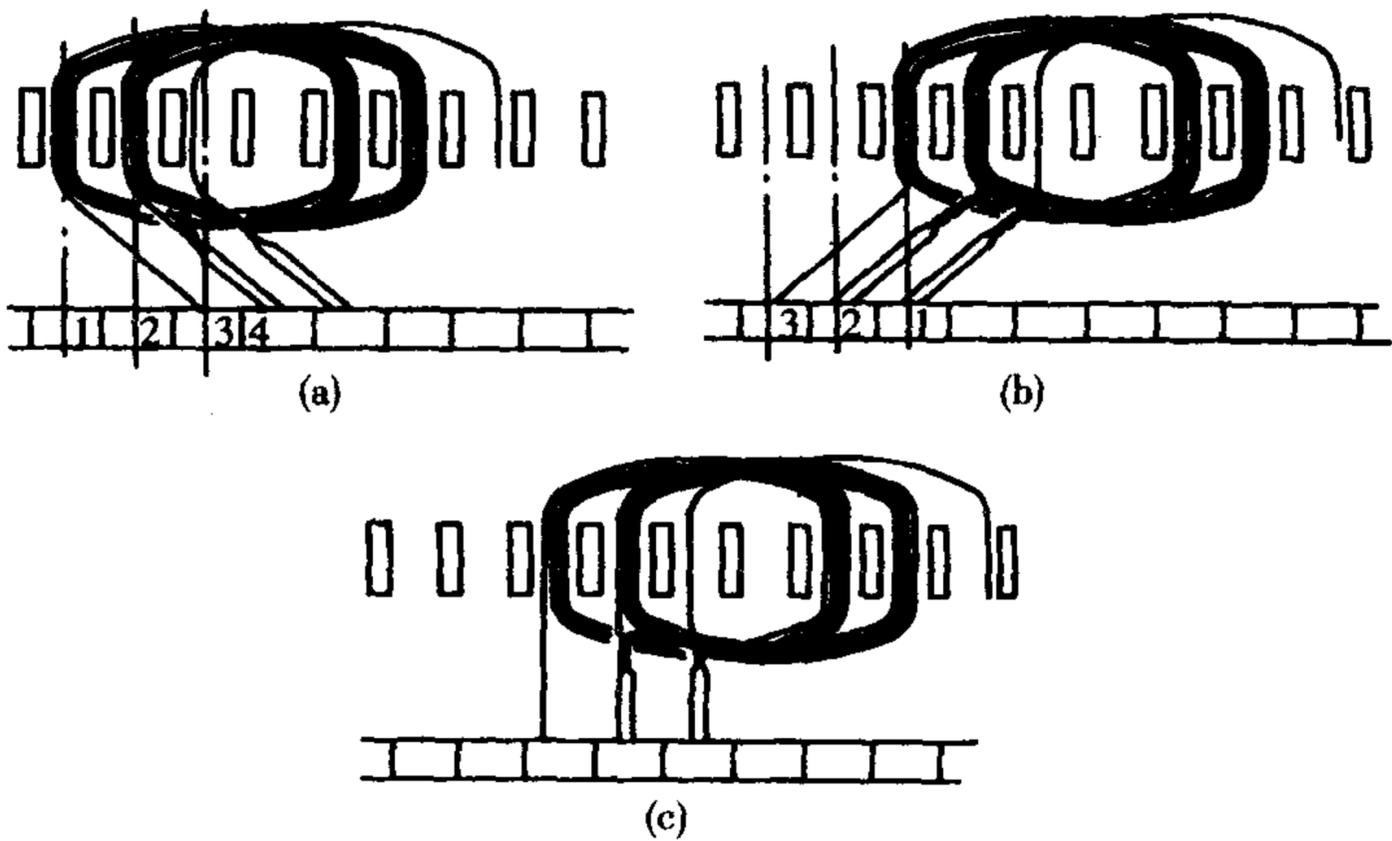


图 6-31 引线头的焊接位置

转子重绕及焊接工作全部完成后,要进行匝间短路试验和换向器片间电阻测定,接着再进行浸漆处理。烘干温度不宜过高,也不宜变化过大,以防绕组与换向器连接线断线。最后在带电试验时,如发现旋转方向相反,可将电刷架上的两个定子绕组线头位置对换一下即可,如图 6-33 所示。

电钻修复后,应测量绕组对地的绝缘,总的绝缘电阻不应低于 $1.0\text{ M}\Omega$ 。

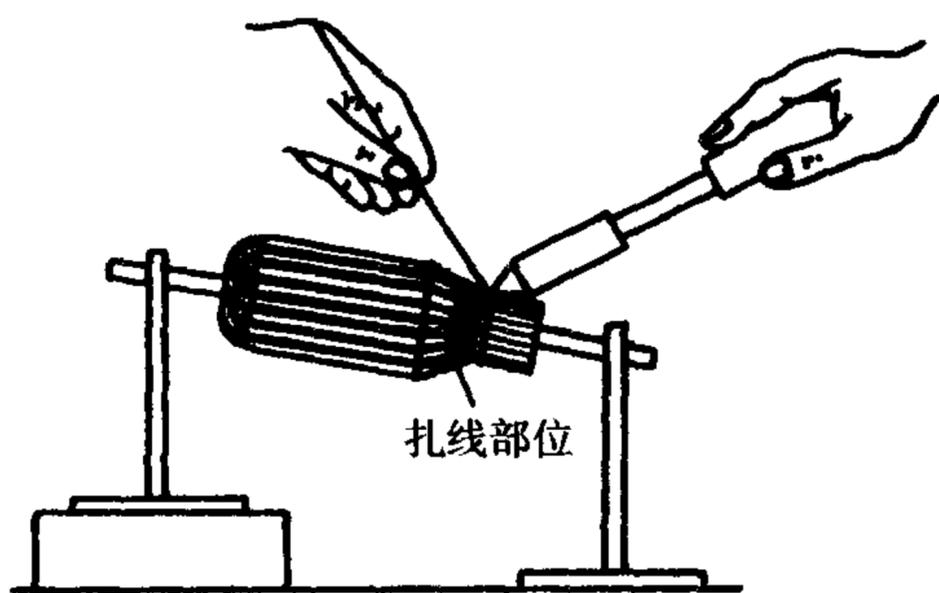


图 6-32 焊接线头姿势

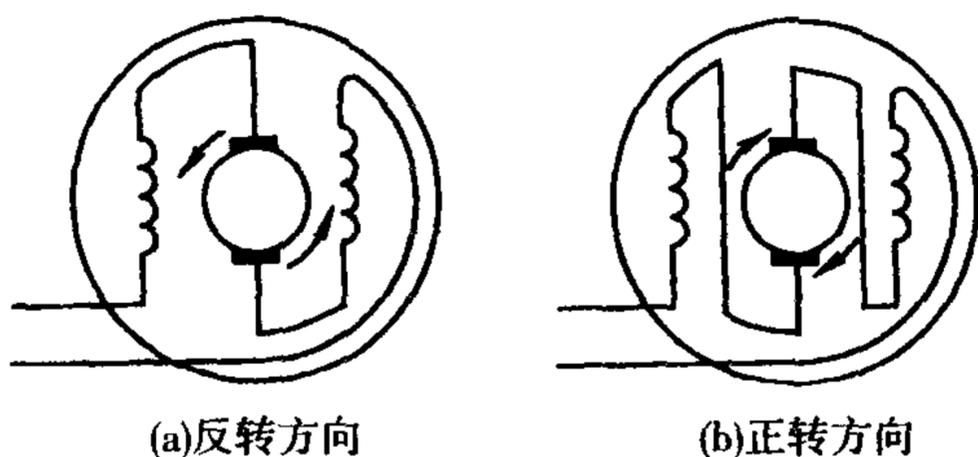


图 6-33 改变磁极的极性

第五节 交直流电焊机的修理

一、交直流电焊机的特性

电焊机是利用电能加热金属焊接部分,使其熔融或者经过挤压达到两块金属间的结合,从而实现焊接的一种设备。

电焊机的种类很多,按焊接热源原理分为电弧焊机和电阻两种。

对焊接电弧供电的设备叫作电弧焊电源。手工电弧焊电源设备分三大类:直流电焊机、焊接整流器及交流电焊机。其中交流电焊机由于具有结构简单、坚固耐用、价格便宜、维护容易、使用方便、效率高等优点,所以应用很广,一般 80% 以上的焊接工作是用交流电焊机完成的。直流电焊机的焊接电流较稳定,焊接质量较好,所以也常

被采用。各类弧焊电源的特点和适用范围如下所述。

(1)弧焊变压器式电焊机,输出为交流,其外特性是下降的,电弧的稳定性较差,但电弧受电磁力影响很少产生偏移现象。

弧焊变压器式电焊机大多数接单相电源,功率因数低,空载损耗小,噪声较小,维修简单。适用于一般焊接结构的手工电弧焊、铝合金钨极氩弧焊和埋弧焊等。

(2)弧焊整流器式电焊机,输出为直流或直流脉冲,其外特性可以是平的或下降的,有电弧受电磁力影响而偏移的现象产生。

弧焊整流器式电焊机大多数接三相电网,空载损耗较小,维修较复杂。适用于较重要焊接结构的手工电弧焊、各种埋弧焊及气体保护弧焊。

(3)弧焊发电机式电焊机,输出为直流,其外特性可以是平的或下降的,电弧受电磁力影响产生偏移现象较明显。

弧焊发电机式电焊机大多数接三相电网,空载损耗较大,维修比较复杂,适用范围同弧焊整流器式电焊机一样。

二、直流电焊机的修理

1. 直流电焊机的技术规格

直流电焊机技术规格见表 6-8,直流电焊机用电动机技术规格见表 6-9。

表 6-8 直流电焊机技术规格

型 号	AX-320 (AT-320)	AX-500 (AB-500)	AX3-300-2 (AG300-1)
工作电压/V	最大 30	最大 40	25~30
空载电压/V	50~80	60~90	最大 68
电流调节范围/A	45~320	120~600	35~375
转速/(r/min)	1 450	1 450	2 900
负载率/%	100,75,50	100,65	100,65,35
焊接电流/A	250,280,320	400,500	230,300,375
功率/kW	7.5,8.4,9.6	16,20	

表 6-9 直流电焊机用电动机技术规格

型 号	AX-320 (AT-320)		AX1-500 (AB-500)		AX-300-2 (AG-300-1)	
	功率/kW	14	14	26	26	10
电压/V	220/380	380/660	220/380	380/660	220/380	380/660
相数	3	3	3	3	3	3
转数/(r/min)	1450	1450	1450	1450	2900	2900
电流/A	47.8/27.6	27.6/15.95	88.2/50.9	50.9/29.4	36/20.8	20.8/12
频率/Hz	50	50	50	50	50	50

2. 直流电焊机的常见故障及检修方法

电焊机的正确使用和合理的维护,可保持焊机工作的稳定性,并能延长焊机的使用寿命。对电焊机的维护应注意以下几点:按照焊机规定的技术参数使用;焊机不允许长时间短路;如果需要调节电流和调换极性使用,应在空载情况下进行调节和调换。

直流电焊机的常见故障和检修方法有以下几个方面。

(1) 电动机反转故障

可能产生的原因:三相电动机与电网接线错误。

检修方法:将一相中任意两线调换。

(2) 启动后,电动机转速低并发出“嗡嗡”响声

可能产生的原因:①三相保险丝中某一相烧断;②电动机的定子线圈有一相断线。

检修方法:①更换新保险丝;②排除断线现象。

(3) 焊接过程中电流忽大忽小

可能产生的原因:①电缆线与焊件接触不良;②电流调节器可动部分松动;③电刷与换向器接触不良;④网络电压不稳定。

检修方法:①使电缆线与焊件接触良好;②固定好电流调节器松动部分;③使电刷与换向器接触良好;④网络电压保持稳定。

(4) 焊机过热故障

可能产生的原因:①焊机过载;②发电机电枢线圈短路;③换向

器短路；④换向器脏污。

检修方法：①减小焊接电流；②排除电枢线圈短路和线匝；③清理换向器；④除去污垢。

(5)电刷有火花,使换向器发热故障

可能产生的原因：①电刷没有磨好；②电刷盒的弹簧压力太小；③电刷在盒中跳动或摆动；④电刷架歪曲或未拧紧；⑤电刷边直线未与换向片对准；⑥换向器脏污。

检修方法：①研磨电刷,使其与换向器有良好的接触,在更换新电刷时不可同时换去总数的 $1/3$ ；②调节好压力,必要时可调换框架；③检查电刷刷盒中的间隙,电刷与刷盒间隙不能超过 0.3 mm ；④检查刷架并固定好；⑤校正各组电刷,使其与换向片排列成一直线；⑥用蘸汽油的干净抹布擦净换向器。

(6)导线接触处过热故障

可能产生的原因：接线处接触电阻过大或接线处螺钉过松。

检修方法：将接线松开,用砂纸或小刀将接触导电处清理直至出现金属光泽,然后拧紧螺钉。

(7)换向器工作面大部分发黑故障

可能产生的原因：换向器振动。

检修方法：用千分表检查换向器,如摆动超过 0.03 mm ,需用车床加工。

(8)一组电刷中有个别电刷跳火故障

可能产生的原因：①电刷与换向器接触不良；②无火花电刷的刷绳线间接触不良,因此引起相邻电刷过载并跳火。

检修方法：①仔细观察接触表面,并松开接线,仔细清除污物；②更换不正常的电刷并排除故障。

(9)发电机不发电故障

可能产生的原因：①换向器不干净；②励磁电路断路；③发电机已去磁(自励式剩磁消失)。

检修方法：①擦拭换向器；②检查励磁电路与变阻器接头的连接

是否可靠；③用直流电源充磁。

(10) 电机运转中断故障

可能产生的原因：①负载超过允许值；②换向器过热、过多的污垢或电刷压力较大、换向器表面不平导致换向不良。

检修方法：①电机负荷不应超过允许值；②擦拭换向器并仔细研磨；③换向器不良应找出原因并排除；④电刷压力不应人为地增加；⑤机组必须经常擦拭或用压缩空气吹净。

(11) 电刷有火花，且个别换向片下有灰迹故障

可能产生的原因：换向器分离，即个别换向片凸出或凹下。

检修方法：如故障不显著，可用细油石研磨，若磨后无效，需在车床上加工。

三、交流电焊机的修理

交流电焊机在生产中应用很广泛，它实际是一台特殊的降压变压器，即电焊变压器。由于弧焊的需要，对电焊变压的要求是：空载时，要有足够大的引弧电压，60~75V，有负载（即焊接）时电压就要求急剧下降，在额定负载时约为30V；在副边短路（即焊条碰在工件上）时，副边短路电流不过大；此外，还要求能调节焊接电流的大小。

为满足以上条件，电焊变压器的结构必须具有以下特点。

(1) 变压器绕组的漏抗应较大，这就能在副边负载增大时，由于漏抗压降增大，而使输出电压下降。

(2) 副绕组的匝数可以改变，绕组的漏抗也可以改变，以便调节电流。

1. 交流电焊机的维护

(1) 在使用前必须检查原边绕组的额定电压是否和电源电压相符，并检查接线端子板上的接线是否正确。如果是第一次投入运行或长期停用的交流电焊机，则应用500V的兆欧表测量各绕组对铁芯和绕组间的绝缘电阻，它们不应低于0.5MΩ。

(2) 接线板上的螺帽、铜接线片和导线的接触紧密可靠，若接触

不好,会使螺杆、螺帽和接线片烧坏。因此,在交流电焊机运行一个时期以后,应用砂布将各接触面的氧化层擦净,再将螺帽紧固。

(3)由交流电焊机初级到电源的接线可用 BVR 型的塑料绝缘铜芯软电线,焊接用电缆则可用 YH 或 YHL 型电焊机软电缆。

(4)交流电焊机不可过载,以免线圈过热烧坏。在室外运行,应避免雨水侵入。

2. 交流电焊机的常见故障及检修方法

(1)焊机不能引弧

- ①地线和工件接触不良,应使其接触良好。
- ②焊接电缆断线,修复断线处。
- ③焊钳和电缆接触不良,应使其接触良好。
- ④焊接电缆与焊机输出端接触不良,修复连接螺栓。
- ⑤焊机绕组有断路或短路,检查绕组情况,严重时重新绕制。
- ⑥焊机电源开关损坏,修复或更换开关。
- ⑦电源没有电压,检查电源电压、刀闸开关和熔断器的接通情况。

(2)输出电流过小

- ①焊接电缆过细过长,减小长度或增大截面积。
- ②焊接电缆盘成圈状,应将其拉直。
- ③地线采用临时搭接而成,应换成正规铜质地线。
- ④地线和工件接触电阻过大,采用地线卡头以减少接触电阻。
- ⑤焊接电缆与焊机输出端接触电阻过大,应将电缆与焊机输出端连接良好。

(3)焊接电流忽大忽小

- ①电网电压波动,须增大电网容量。
- ②调节丝杠磨损,更换磨损部件。

(4)空载电压过低

- ①输入电压接错,须纠正输入电压连接错误。
- ②焊机二次绕组匝间短路,应修复短路处。

(5)空载电压过高及焊接电流过大

①输入电压接错,须纠正输入电压连接错误。

②焊机一次绕组接线搞错,须纠正接线。

(6)焊机线圈过热

①焊机过载,减小焊接电流或更换大容量焊机。

②焊机线圈短路,重绕线圈,更换绝缘。

(7)焊机铁芯过热

①电源电压超过额定电压,须用电压表检查电源电压值并与焊机铭牌上的规定值相对照,如不符应予以调整。

②铁芯硅钢片短路,应清洗硅钢片,并重刷绝缘漆。

③铁芯夹紧螺杆及夹件的绝缘损坏,更换绝缘材料。

④重绕初级线圈后,线圈匝数不足。检查线圈匝数,并验算各项电气技术数据。

(8)熔断丝经常熔断

①电源线有短路或接地。检查电源线的情况。

②初级或次级线圈短路,检查线圈情况,更换绝缘,重绕线圈。

(9)焊机外壳麻电

①线圈接地,用兆欧表检查各线圈绝缘电阻。

②电源引线或焊接电缆碰外壳,检查电源引线和焊拉接电缆与接线端子板的连接情况。

(10)焊机振动及响声过大

①动铁芯上的螺杆和拉紧弹簧松动或脱落,加固动铁芯及拉紧弹簧。

②传动动铁芯或动线圈的机构有故障,检修传动机构如手柄,螺杆、齿轮等。

③铁芯叠片紧固螺栓未拧紧,须拧紧紧固螺栓。

④动、静铁芯间隙过大,铁芯重新叠片。

⑤线圈短路。更换绝缘,重绕线圈。

(11)焊接电流不能调节

①传动动铁芯或动线圈的机构有故障,检修传动机构。

②重绕电抗器线圈后,匝数不足,焊接电流不能调节得较小。适当增加电抗器线圈匝数。

(12)焊机绕组绝缘太低

①线圈受潮。在 100~110℃的烘干炉中烘干。

②线圈长期过热,绝缘老化。更换绝缘,重绕线圈。

[G e n e r a l I n f o r m a t i o n]

书名 = 电机维修入门

作者 = 张军编著

页数 = 350

SS号 = 11883893

出版日期 = 2007.3

前言
目录
正文